

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Institut dopravy**



**Návrh trakčního rámu klece pro lanové výtahy s nosností 450kg,  
rychlostí 1m/s a lanováním 1:1**

**Design of a traction frame cage for rope lifts with lifting capacity of  
450kg, speed 1m/s and rope transmission of 1:1**

Student:  
Vedoucí práce:

Bc. Václav Kahánek  
Ing. Robert Brázda, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Institut dopravy

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Václav Kahánek**

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace:

35 Dopravní stroje a manipulace s materiálem

Téma:

Návrh trakčního rámu klece pro lanové výtahy s nosností 450kg,  
rychlostí 1m/s a lanováním 1:1  
Design of a traction frame cage for rope lifts with lifting capacity of  
450kg, speed 1m/s and rope transmission of 1:1

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Popište základní princip lanových výtahů se zaměřením na bezpečnostní a certifikované komponenty.
2. Popište rámy klece s lanováním 1:1 a 2:1 pro převodové a bezpřevodové výtahové stroje.
3. Popište rámy klece s kladkami pod a nad klecí s lanováním 2:1 pro převodové a bezpřevodové výtahové stroje.
4. Navrhněte řešení trakčního rámu pro nízkou prohlubeň a nízkou hlavu šachty.
5. Zpracujte výkresovou dokumentaci sestavy trakčního rámu s lanováním 1:1 a zachycovači nad klecí.
6. Zpracujte výrobní výkresy horní části rámu se zavěšením.
7. Zpracujte statický výpočet rámu pro běžný provoz a nouzové zastavení pomocí zachycovačů.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Norma ČSN EN 81-1+A3 Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů (Část 1: Elektrické výtahy). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 176 s.
- [2] Norma ČSN EN 81-21+A1 Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů- Výtahy pro dopravu osob a osob a nákladu (Část 21: Nové výtahy pro dopravu osob a osob a nákladu v existujících budovách), Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 32 s.
- [3] Norma ČSN 27 47002 Bezpečnostní předpisy pro výtahy- Provoz a servis výtahů), Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 44 s.
- [4] Norma ČSN ISO 7465 Osobní a malé nákladní výtahy – Vodítka klecí a vyvažovacích závaží typu T), Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 209, 20 s.
- [5] Norma ČSN EN 12385-5 Ocelová drátěná lana- Bezpečnost (Část 5: Pramenná lana pro výtahy), Praha: Český normalizační institut, 2004, 20 s.
- [6] Norma ČSN ISO 4344 Ocelová lana pro elektrické výtahy, Praha: : Český normalizační institut, 1993, 8 s.
- [7] Internetové a knižní zdroje s výtahovou tematikou

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Robert Brázda, Ph.D.**

Datum zadání:

Datum odevzdání:

---

doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.  
*vedoucí katedry*

---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
*děkan fakulty*

**Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....  
podpis studenta

**Prohlášení o využití výsledků práce**

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomové práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít toto dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

.....  
Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Václav Kahánek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Palackého 510, Kopřivnice

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Kahánek Václav. *Návrh trakčního rámu klece pro lanové výtahy s nosností 450kg, rychlostí 1m/s a lanováním 1:1*. Diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2017, 65 s. Vedoucí práce: Ing. Brázda Robert. Ph.D.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem rámu klece pro lanové výtahy. V první části je rešerše výtahu zaměřena na princip lanových výtahů, jejich bezpečnostní a certifikované prvky. Dále byly popsány rámy klece s lanováním 1:1 a 2:1 s kladkami pod klecí a nad klecí. Ve výpočtové části byly voleny a kontrolovány komponenty, většinou dle normy EN 81-1. Podle výsledků MKP byly provedeny úpravy v návrhu konstrukce rámu klece, aby splňovaly podmínku meze pevnosti a podmínku maximálního průhybu. Při návrhu konstrukce rámu byl kladen důraz na minimalizaci rozměrů rámu a volbu vhodných komponent pro nízkou prohlubeň a nízkou hlavu šachty. Konstrukce rámu je tvořena ocelovými profily z ohýbaných plechů různých tloušťek spojena šroubovými spoji.

## ANNOTATION OF THE MASTER'S THESIS

Kahánek Václav. *Design of a traction frame cage for rope lifts with lifting capacity of 450kg, speed 1m/s and rope transmission of 1:1*. Bachelor thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institut of Transport, 2015, 65 p. Thesis head: Ing. Brázda Robert. Ph.D.

The master thesis deals with a design of a frame of a lift car. The first part presents a research of a principle of rope lifts as well as their safety and certified components. It also describes the design of frames with both 1:1 and 2:1 roping. The empiric part of the thesis concentrates on the selection and calculation of components as mentioned at the EN 81-1 standart. Based on the FEM results the necessary upgrades and adjustments of frame design were made so it would meet the condition of strength and maximum deflection. During the proposal of the construction the main focus was put on the minimalization of dimensions and choice of suitable components for low pit a low headroom. The design of the frame car is made using bent profiles of different tights connected by screw connections.

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| Přehled použitých značek .....                       | 9  |
| 1 Úvod .....   | 12 |
| 1.1 Historie .....                                   | 12 |
| 1.2 Současnost a trendy .....                        | 13 |
| 2 Lanové výtahy .....                                | 14 |
| 2.1 Převodové lanové výtahy .....                    | 15 |
| 2.2 Bezpřevodové lanové výtahy .....                 | 16 |
| 2.3 Nosné prostředky lanových výtahů .....           | 16 |
| 2.4 Systém vedení klece .....                        | 18 |
| 2.5 Bezpečnostní komponenty lanových výtahů .....    | 19 |
| 2.5.1 Zachycovače .....                              | 19 |
| 2.5.2 Omezovače rychlosti .....                      | 20 |
| 2.5.3 Nárazníky .....                                | 21 |
| 2.5.4 Zajištění dveří .....                          | 23 |
| 2.5.5 Ochrana proti přetížení .....                  | 23 |
| 3 Rámy výtahových klecí .....                        | 25 |
| 3.1 Systémy lanování .....                           | 26 |
| 3.2 Rámy klece s lanováním 1:1 .....                 | 26 |
| 3.3 Rámy s lanováním 2:1 .....                       | 27 |
| 3.3.1 Rám s kladkami pod klecí .....                 | 27 |
| 3.3.2 Rám s kladkami nad klecí .....                 | 28 |
| 4 Výpočty .....                                      | 29 |
| 4.1 Výpočet vodítek .....                            | 29 |
| 4.1.1 Působení zachycovačů .....                     | 31 |
| 4.1.2 Normální provoz – jízda .....                  | 34 |
| 4.1.3 Normální provoz – nakládání .....              | 37 |
| 4.2 Výpočet protizávaží .....                        | 40 |
| 4.3 Výpočet trakční schopnosti .....                 | 40 |
| 4.3.1 Předvýpočty .....                              | 40 |
| 4.3.2 Případ 1 .....                                 | 41 |
| 4.3.3 Případ 2 .....                                 | 42 |
| 4.3.4 Případ 3 .....                                 | 43 |
| 4.4 Volba pohonu a kladek .....                      | 43 |
| 4.4.1 Volba pohonu .....                             | 43 |
| 4.4.2 Kontrola tlaku v drážce .....                  | 44 |
| 4.4.3 Volba průměrů kladek a jejich znázornění ..... | 44 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.5   | Kontrola nosných lan .....                 | 45 |
| 4.5.1 | Parametry lana .....                       | 45 |
| 4.5.2 | Ekvivalentní počet lanových kladek .....   | 46 |
| 4.5.3 | Součinitel bezpečnosti lan .....           | 47 |
| 4.5.4 | Bezpečnost lan .....                       | 47 |
| 5     | Konstrukční návrh rámu .....               | 48 |
| 5.1   | Volba komponent .....                      | 48 |
| 5.1.1 | Vedení .....                               | 48 |
| 5.1.2 | Zachycovače .....                          | 49 |
| 5.1.3 | Zavěšení nosných lan .....                 | 50 |
| 5.1.4 | Vážení kabiny .....                        | 50 |
| 5.2   | Popis konstrukce rámu .....                | 51 |
| 5.2.1 | Horní část .....                           | 53 |
| 5.2.2 | Dolní část .....                           | 53 |
| 5.3   | Nízká prohlubeň a nízká hlava šachty ..... | 54 |
| 6     | Pevnostní výpočty konstrukce rámu .....    | 55 |
| 6.1   | Příprava .....                             | 55 |
| 6.1.1 | Model .....                                | 55 |
| 6.1.2 | Mez pevnosti a dovolený průhyb .....       | 55 |
| 6.1.3 | Rozložení zatížení .....                   | 55 |
| 6.2   | Běžný provoz - jízda .....                 | 56 |
| 6.3   | Zastavení zachycovači .....                | 57 |
| 6.3.1 | Vyhodnocení .....                          | 60 |
| 7     | Závěr .....                                | 61 |
|       | Seznam použitých zdrojů .....              | 63 |
|       | Seznam výkresové dokumentace .....         | 65 |



## Přehled použitých značek

|                       |   |                    |
|-----------------------|---|--------------------|
| A                     | Plocha průřezu vodítka                                      | [mm <sup>2</sup> ] |
| D                     | Průměr hnacího kotouče                                      | [mm]               |
| D <sub>k</sub>        | Průměr ostatních kladek                                     | [mm]               |
| D <sub>x</sub>        | Hloubka klece   | [m]                |
| D <sub>y</sub>        | Šířka klece   | [m]                |
| E                     | Modul pružnosti v tahu pro ocel                             | [MPa]              |
| F <sub>min</sub>      | Minimální síla při přetržení                                | [N]                |
| F <sub>x1</sub>       | Vodorovná síla působící na vodítko při působení zachycovačů | [N]                |
| F <sub>x2</sub>       | Vodorovná síla působící na vodítko při jízdě                | [N]                |
| F <sub>x3</sub>       | Vodorovná síla působící na vodítko při nakládání            | [N]                |
| F <sub>y1</sub>       | Svislá síla působící na vodítko při působení zachycovačů    | [N]                |
| F <sub>y2</sub>       | Svislá síla působící na vodítko při jízdě                   | [N]                |
| F <sub>y3</sub>       | Svislá síla působící na vodítko při nakládání               | [N]                |
| F <sub>K</sub>        | Vzpěrná síla na jedno vodítko                               | [N]                |
| H                     | Výška zdvihu  | [m]                |
| I <sub>x</sub>        | Moment setrvačnosti vodítka k ose x                         | [mm <sup>4</sup> ] |
| I <sub>y</sub>        | Moment setrvačnosti vodítka k ose y                         | [mm <sup>4</sup> ] |
| K <sub>p</sub>        | Poměr průměrů hnacího kotouče a kladky                      | [mm]               |
| M <sub>x1</sub>       | Ohybový moment v ose x při působení zachycovačů             | [N.mm]             |
| M <sub>x2</sub>       | Ohybový moment v ose x při působení zachycovačů             | [N.mm]             |
| M <sub>x3</sub>       | Ohybový moment v ose x při působení zachycovačů             | [N.mm]             |
| M <sub>y1</sub>       | Ohybový moment v ose y při působení zachycovačů             | [N.mm]             |
| M <sub>y2</sub>       | Ohybový moment v ose y při působení zachycovačů             | [N.mm]             |
| M <sub>y3</sub>       | Ohybový moment v ose y při působení zachycovačů             | [N.mm]             |
| M <sub>N</sub>        | Nominální moment  | [N.m]              |
| N <sub>equiv</sub>    | Ekvivalentní počet lanových kladek                          | [-]                |
| N <sub>equiv(p)</sub> | Ekvivalentní počet odkláněcích kladek                       | [-]                |
| N <sub>equiv(t)</sub> | Ekvivalentní počet hnacích kotoučů                          | [-]                |
| P                     | Celková hmotnost klece                                      | [kg]               |
| Q                     | Nosnost výtahu  | [kg]               |
| R <sub>e</sub>        | Mez pevnosti v kluzu  | [MPa]              |
| T                     | Síla na straně klece výtahu v dolní krajní stanici          | [N]                |
| T <sub>11</sub>       | Síla na straně klece pro případ 1                           | [N]                |
| T <sub>12</sub>       | Síla na straně klece pro případ 2                           | [N]                |
| T <sub>13</sub>       | Síla na straně klece pro případ 3                           | [N]                |
| T <sub>21</sub>       | Síla na straně protizávaží pro případ 1                     | [N]                |
| T <sub>22</sub>       | Síla na straně protizávaží pro případ 2                     | [N]                |

|           |   |                       |
|-----------|---|-----------------------|
| $T_{23}$  | Síla na straně protizávaží pro případ 3             | [N]                   |
| $W_x$     | Modul průřezu vodička v ohybu k ose x               | [mm <sup>3</sup> ]    |
| $W_y$     | Modul průřezu vodička v ohybu k ose y               | [mm <sup>3</sup> ]    |
| $a$       | Zrychlení výtahu                                    | [m.s <sup>-2</sup> ]  |
| $c$       | Šířka spojky vodička                                | [mm]                  |
| $c_1$     | Součinitel zrychlení                                | [-]                   |
| $c_2$     | Součinitel drážky                                   | [-]                   |
| $d_l$     | Průměr lana   | [mm]                  |
| $e$       | Eulerovo číslo                                      | [-]                   |
| $f_y$     | Hodnota meze pevnosti pro MKP analýzu               | [MPa]                 |
| $f_1$     | Součinitel tření v drážce pro případ 1              | [-]                   |
| $f_2$     | Součinitel tření v drážce pro případ 2 a 3          | [-]                   |
| $g_n$     | Gravitační zrychlení                                | [m.s <sup>-2</sup> ]  |
| $h$       | Svislá vzdálenost mezi vodícími čelistmi            | [mm]                  |
| $k_1$     | Součinitel rázu při působení zachycovačů            | [-]                   |
| $k_2$     | Součinitel rázu při působení zachycovačů            | [-]                   |
| $l$       | Vzdálenost mezi kotvami vodiček                     | [mm]                  |
| $m_l$     | Hmotnost lan  | [kg]                  |
| $m_k$     | Hmotnost klece                                      | [kg]                  |
| $m_{pr}$  | Hmotnost protizávaží                                | [kg]                  |
| $m_r$     | Hmotnost rámu                                       | [kg]                  |
| $n$       | Počet vodiček                                       | [ks]                  |
| $n_l$     | Počet lan   | [ks]                  |
| $n_m$     | Jmenovité otáčky                                    | [ks]                  |
| $p_{DOV}$ | Dovolený tlak v drážce                              | [MPa]                 |
| $p_d$     | Tlak v drážce                                       | [MPa]                 |
| $q_l$     | Měrná hmotnost lana                                 | [kg.m <sup>-1</sup> ] |
| $s_1$     | Minimální součinitel bezpečnosti lan                | [-]                   |
| $s_2$     | Součinitel bezpečnosti lan                          | [-]                   |
| $s_3$     | Bezpečnost lan                                      | [-]                   |
| $t_d$     | Rozteč drážek                                       | [mm]                  |
| $v$       | Rychlost výtahu                                     | [m.s <sup>-1</sup> ]  |
| $x_d$     | Třída pevnosti lana                                 | [N.mm <sup>-2</sup> ] |
| $x_Q$     | Vodorovná vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení Q | [mm]                  |
| $x_P$     | Vodorovná vzdálenost těžiště hmotnosti klece P      | [mm]                  |
| $x_1$     | Vodorovná vzdálenost těžiště klecových dveří        | [mm]                  |
| $y_Q$     | Svislá vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení Q    | [mm]                  |
| $y_P$     | Svislá vzdálenost těžiště hmotnosti klece P         | [mm]                  |
| $y_1$     | Svislá vzdálenost těžiště klecových dveří           | [mm]                  |

|                 |  |       |
|-----------------|--|-------|
| $\hat{\alpha}$  | Úhel opásání                                     | [rad] |
| $\beta$         | Úhel zářezu drážky                               | [°]   |
| $\gamma$        | Úhel klínu drážky                                | [°]   |
| $\gamma_{m2}$   | Součinitel spolehlivosti materiálu               | [-]   |
| $\delta_{DOV}$  | Dovolený průhyb vodítka                          | [mm]  |
| $\delta_{x1}$   | Průhyb vodítka v ose x při působení zachycovačů  | [mm]  |
| $\delta_{x2}$   | Průhyb vodítka v ose x při jízdě                 | [mm]  |
| $\delta_{x3}$   | Průhyb vodítka v ose x při nakládání             | [mm]  |
| $\delta_{y1}$   | Průhyb vodítka v ose y při působení zachycovačů  | [mm]  |
| $\delta_{y2}$   | Průhyb vodítka v ose y při jízdě                 | [mm]  |
| $\delta_{y3}$   | Průhyb vodítka v ose y při nakládání             | [mm]  |
| $\lambda$       | Součinitel štíhlosti                             | [-]   |
| $\mu_1$         | Minimální součinitel tření pro případ 1          | [-]   |
| $\mu_2$         | Minimální součinitel tření pro případ 2 a 3      | [-]   |
| $\pi$           | Ludolfovo číslo                                  | [-]   |
| $\sigma_c$      | Namáhání na ohyb a vzpěr                         | [MPa] |
| $\sigma_{DOV1}$ | Dovolené napětí při působení zachycovačů         | [MPa] |
| $\sigma_{F1}$   | Namáhání na ohyb při působení zachycovačů        | [MPa] |
| $\sigma_{F2}$   | Namáhání na ohyb při jízdě                       | [MPa] |
| $\sigma_{F3}$   | Namáhání na ohyb při nakládání                   | [MPa] |
| $\sigma_K$      | Ohybové napětí ve vzpěru                         | [MPa] |
| $\sigma_{m1}$   | Namáhání na ohyb při působení zachycovačů        | [MPa] |
| $\sigma_{m2}$   | Namáhání na ohyb při jízdě                       | [MPa] |
| $\sigma_{m3}$   | Namáhání na ohyb při nakládání                   | [MPa] |
| $\sigma_1$      | Namáhání na ohyb a tlak při působení zachycovačů | [MPa] |
| $\sigma_2$      | Namáhání na ohyb při jízdě                       | [MPa] |
| $\sigma_3$      | Namáhání na ohyb při nakládání                   | [MPa] |
| $\sigma_{x1}$   | Ohybové napětí k ose x při působení zachycovačů  | [MPa] |
| $\sigma_{x2}$   | Ohybové napětí k ose x při jízdě                 | [MPa] |
| $\sigma_{x3}$   | Ohybové napětí k ose x při nakládání             | [MPa] |
| $\sigma_{y1}$   | Ohybové napětí k ose y při působení zachycovačů  | [MPa] |
| $\sigma_{y2}$   | Ohybové napětí k ose y při jízdě                 | [MPa] |
| $\sigma_{y3}$   | Ohybové napětí k ose y při nakládání             | [MPa] |
| $\omega$        | Hodnota omega                                    | [-]   |

# 1 Úvod

Výtahy patří mezi strojní zařízení určené pro dopravu osob nebo nákladů mezi stálými místy. Jejich pohyb je většinou vertikální nebo také šikmý. Náklad nebo osoby se dopravují ve výtahové kleci, která je buď tlačena, nebo tažena. Dráhu výtahu vymezují pevné vodítka ve výtahové šachtě. Práce výtahového stroje je přerušovaná z důvodu nástupu a výstupu osob (nakládky a vykládky nákladu), které probíhají při zastavené kleci. Výtahy můžeme rozdělit podle druhu pohonu na elektrické a hydraulické. Dále existuje pneumatický pohon, ale ten se v dnešní době moc často nevyužívá.

## 1.1 Historie

První výtah na světě navrhl řecký matematik a vědec Archimédes. Jednalo se o výtah s ručním pohonem. Jako tažný prvek bylo použito konopné lano. V polovině 18. století ve Versailleském paláci ve Francii byl výtah doplněn o protizávaží. V Anglii v době technické revoluce dochází k většímu rozmachu výtahů. Byl zaveden parní pohon. V roce 1853 udělal pan Otis veřejnou demonstraci svého vynálezu - výtahové západky. V určité výšce přerázl nosné lano a po chvíli se kabina výtahu zastavila o západky. Jednalo se v té době o revoluční bezpečnostní prvek.



*Obr. 1.1 Veřejná demonstrace západek [16]*

O čtyři roky později byl výtah s bezpečnostními západkami nainstalován v newyorském pětipodlažním obchodním domě. Jeho parní pohon dokázal vyvinout rychlost výtahu 0,2 m/s s maximální nosností 450 kg. Dalším milníkem výtahové historie byl elektrický pohon, který se začíná objevovat koncem 19. století. Za konstrukcí elektrického pohonu stojí německý

elektrotechnik a podnikatel Werner von Siemens. Výtah s hydraulickým pohonem se poprvé objevil v roce 1878. Místo páry byla použita voda, aby se dosáhlo větších rychlostí a zdvihových výšek.

Začátkem 20. století bychom největší koncentraci výtahů našli v New Yorku, kde jejich počet stoupal s počtem postavených výškových budov. Většinou se v těchto budovách nacházelo více výtahů najednou. Například v Singer Building se nacházelo 16 elektrických výtahů. V této době dochází k útlumu hydraulických výtahů z důvodu neschopnosti dosáhnout požadovaných zdvihů. Postupem času se objevují inovace jako je regulace rychlosti elektrického pohonu nebo řízení pomocí tlačítek. Také dopravní rychlost se začala zvyšovat. V roce 1910 dosahovala 2 m/s. V druhé polovině 20. století se rozvoj výtahové dopravy začíná velmi vzrůstat. Klade se důraz na sjednocení a typizaci výtahů.

## 1.2 Současnost a trendy

V dnešní době výtahová technika prochází neustálým konstrukčním zlepšováním všech prvků. Dopravní rychlost u normálních výtahů není nutno tolik zvyšovat z důvodů krátkých drah mezi stanicemi a komfortu cestujících. Pro zajímavost, nejrychlejší výtah světa je v druhé nejvyšší budově světa v čínském Shanghai tower. Dokáže vyvinout rychlost až 20,5 m/s. Jeden z největších trendů je výtah bez strojovny. Jeho princip je založen na bezpřevodovém pohonu.

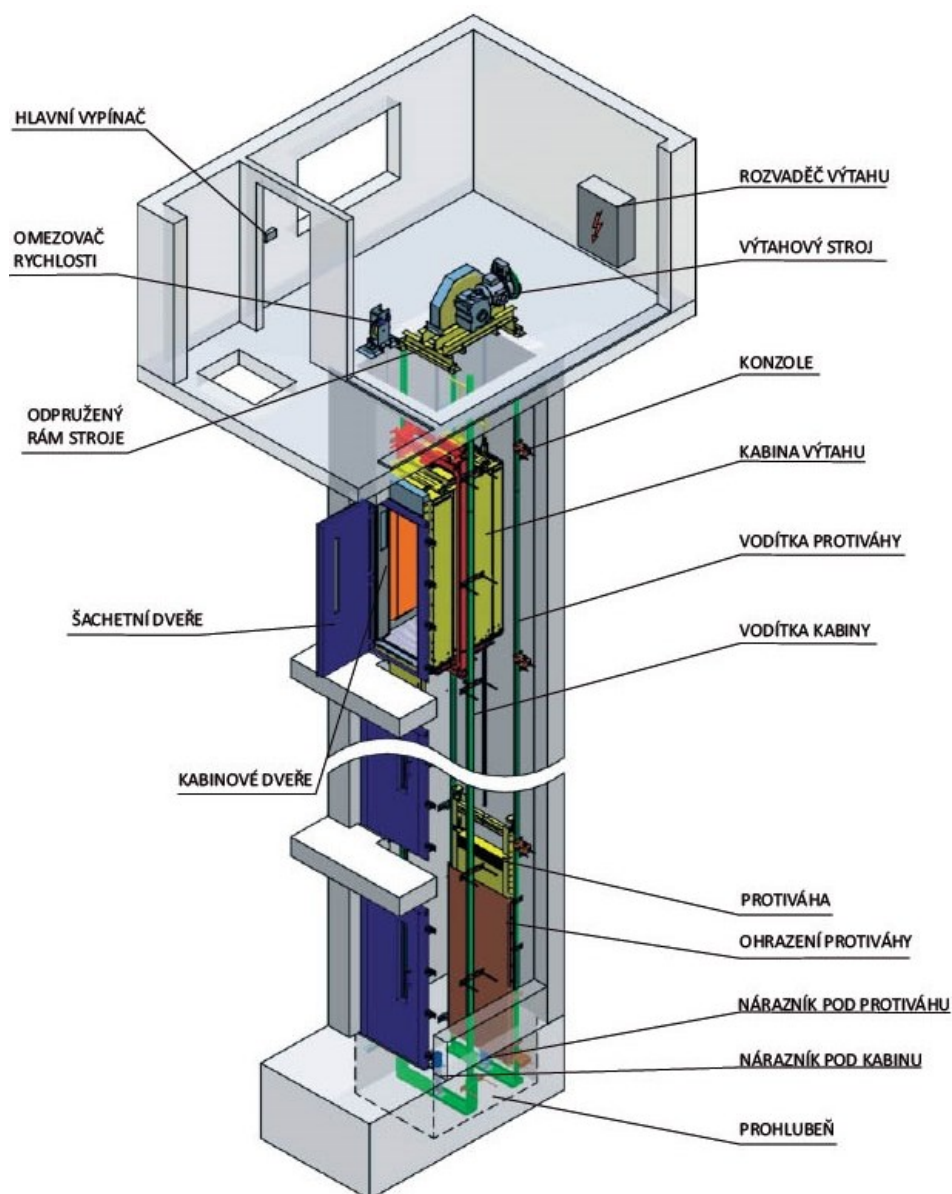
Neustálým rozvojem prochází elektronická část výtahu, která zahrnuje řízení, ovládání a signalizaci. Tyto prvky ovládají mikroprocesory umístěné na řídicí desce. Dokážou měnit parametry výtahu v reálném čase podle různých požadavků.

Mezi trendy v oboru patří maximální využití prostoru zrušením strojovny (použití bezpřevodového pohonu), snižování rozměrů horního přejezdu a prohlubně. V neposlední řadě se klade důraz na bezpečnost a ekologii dopravy a to například v rekuperaci energie při provozu.

## 2 Lanové výtahy

Nejpoužívanější lanové výtahy jsou s trakčním pohonem. Princip je založen na tření mezi nosným lanem a třecím kotoučem výtahového stroje. U trakčních výtahů existují různé druhy lanových systémů s různými lanovými převody, kde se využívá protizávaží. Dalším druhem lanových výtahů jsou výtahy bubnové. Mají kinematicky vázaný pohon, kde je lano pevně spojeno s pohonem a je navíjeno na buben.

Lanové výtahy můžeme rozdělit dle typu pohonu na bezpřevodové a převodové. Jak již bylo zmíněno, bezpřevodové výtahové stroje se dnes hojně používají. Převodové stroje se používají spíše u nových výškových budov.



Obr. 2.1 Trakční výtah se strojovnou [17]

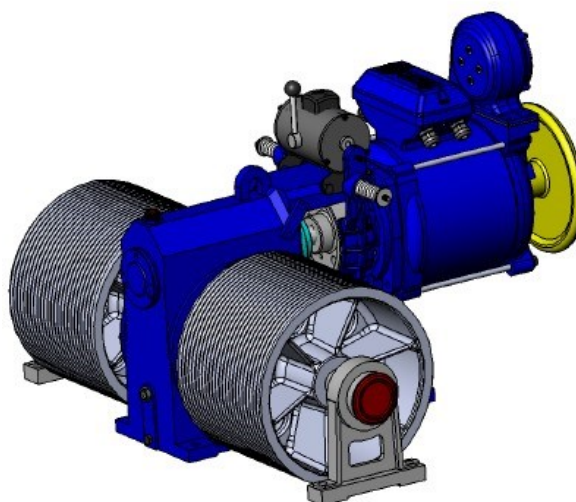
## 2.1 Převodové lanové výtahy

Používají se především na rekonstrukce stávajících starých výtahů, kde je součástí výtahového systému strojovna. Ta se většinou nachází s pohonem a rozvaděčem nad šachtou. Také může být situována pod šachtou, nebo za šachtou v libovolném podlaží. Realizace nových výtahů s převodovým pohonem se většinou používá u požadavků na vyšší zdvihy.

Strojovna je samostatná uzamykatelná místnost, která je přístupná pouze pověřeným osobám. Je zde umístěn výtahový stroj s příslušenstvím a elektrické zařízení zajišťující bezpečnost provozu výtahu. Prostory musí být dobře osvětlené a větrané. Ve strojovně nesmí být žádné zařízení, které nemají nic společného s výtahem.

Součástí pohonné stanice je elektromotor, který je řízen frekvenčním měničem. Za elektromotorem se nachází převodovka, spojky, brzda a trakční kotouč. Standartní dopravní rychlost pohybuje do 3,2 m/s. Tyto stroje mají nižší pořizovací cenu a jednoduše se dají nahradit za původní pohon. Nevýhoda těchto druhů pohonů je vyšší hlučnost provozu.

Mezi lanové výtahy s převodovým pohonem patří také bubnové výtahové stroje. Na rozdíl od klasického trakčního výtahu nemají protizávaží. Nosné lano se navíjí na buben. Největší výhodou je maximální možnost využití výtahové šachty z důvodu absence protizávaží. Navíjecí bubny mají drážky ve tvaru šroubovice a odpovídají průměru používaných nosných lan. Mezi nevýhody patří větší hlučnost a větší spotřeba elektrické energie. Řešení bubnového stroje bývá s dvěma bubny, kde se krouticí moment převodovky přenáší dvěma výstupními hřídeli. Strojovna bubnových výtahů se může nacházet nad, pod anebo za šachtou.



Obr. 2.2 Dvoububnový výtahový stroj [18]

## 2.2 Bezpřevodové lanové výtahy

Nejčastěji jsou instalovány do objektů, kde nejsou vhodné prostory pro strojovnu. Pohon se může nacházet v hlavě výtahové šachty, v její prohlubni nebo za šachtou. Rozvaděč je umístěn v šachtě nebo vedle šachetních dveří. Přístup k pohonu je ze střechy kabiny výtahu nebo vstupem do výtahové prohlubně. Tyto výtahy jsou výhodné hlavně z hlediska prostoru. Z toho plynou menší náklady na jeho výstavbu. Používají se také při modernizacích výtahů. Pohon se tedy může nacházet i ve strojovně.



*Obr. 2.3 Bepřevodový pohon [37]*

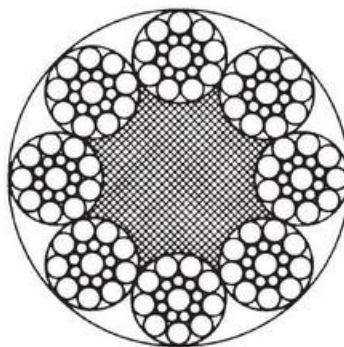
Bepřevodový pohon je pomaluběžný jednosměrný synchronní elektromotor s cizím buzením. Absencí převodovky odpadá výměna převodového oleje. Celkově jsou nároky na servis a údržbu pohonu mnohem nižší, než u převodových pohonů. Samozřejmost motoru je frekvenční měnič, který zajišťuje energetickou úsporu a zlepšuje jízdní vlastnosti výtahu.

## 2.3 Nosné prostředky lanových výtahů

Jako nosný prostředek lanových výtahů se používají ocelová lana. Přenášejí sílu pro zdvih klece nebo závaží výtahu. V dnešní době se spíše používá větší počet lan s menšími průměry a to z důvodu menšího průměru třecích kotoučů. Dle normy ČSN EN 81-1 je minimální jmenovitý průměr 8 milimetrů a musí se použít minimálně dvě samostatné nosné lana. Průměr lana může být i menší, ale musí být splněny určité podmínky provozní způsobilosti lana a vydán na něho certifikát. Při lanových převodech se musí počítat s počtem lan a ne s počtem větví.



Součinitelé bezpečnosti lan jsou v rozmezí 12-16 dle druhu výtahu a počtu nosných lan. Konce lan musí být upevněny na kleci, protiváze nebo ve zdi šachty. Záleží na druhu systému lanování. V závěsných místech musí být konce lan upevněny jedním z těchto způsobů: zalité, upevněny lanovými zámkami, očnicemi s minimálně třemi svorkami, spletením, zalisovanými objímkami nebo jiným systémem se stejnou bezpečností. Lana pro výtahy určuje norma ČSN EN 12385-5. Norma specifikuje jednotlivé materiály, výrobní a zkušební požadavky pro pramenná nosná lana, vyvažovací lana a lana omezovačů rychlosti.



*Obr. 2.4 Ocelové lano SEAL 8x19 FC [38]*

Za zmínku stojí patentová technologie Gen2 od firmy Otis. Jako nosný prostředek se používají lana, které jsou obalené polyuretanem. Průřez je obdélníkový. Firma tvrdí, že tato technologie na rozdíl od klasických lan zaručuje spolehlivější chod, menší hlučnost a vyšší životnost výtahů. Oproti klasickým ocelovým lanům jsou o 40 procent lehčí a jejich životnost je až 3x delší. Větší pružnost umožňuje použít menší kladky. Tím je celý výtahový stroj mnohem kompaktnější. Nosná lana jsou poháněna bezpřevodovými výtahovými stroji. Současné normy nespecifikují žádné zvláštní požadavky pro polyuretanové pásy, ale posuzují se podobně jako u ocelových lan.



*Obr. 2.5 Ploché nosné polyuretanové pásy [29]*

## 2.4 Systém vedení klece

Bezpečný pohyb výtahové klece a protizávaží zajišťují vodítka spolu s vedením umístěným na rámu klece a protizávaží. Klec musí být vedena minimálně ve dvou pevných ocelových vodítkách, které jsou pevně spojeny se šachtou. Vodítka, jejich spoje a kotvy musí odolávat zatížení a silám, které na ně působí. Materiál pro výrobu je konstrukční ocel třídy 11. Vodící plochy musí být opracovány, jestliže jmenovitá rychlost je vyšší než 0,4 m/s nebo se používají klouzavé zachycovače.

Vedení zajišťuje plynulý bezpečný pohyb klece a protizávaží po vodítkách. Jsou většinou umístěny v horní a dolní části táhel rámu kabiny. Systém vedení může být kluzný nebo valivý. Tyto systémy se rozlišují druhem vedením.

Kluzné vedení se používá při menších jmenovitých rychlostech, protože odpor při kluzném tření je velký. Pro snížení odporu se používá mazání. Vodící čelist se skládá z pouzdra a vložky. Materiál pouzdra vedení jsou většinou z litiny nebo oceli. Jako vložky se používají silonové nebo nylonové materiály, které snižují odpor kluzného tření.



*Obr. 2.6 Vodící čelist se skládanou vložkou [23]*

Valivé vedení se používá hlavně u vodítek, které jsou namáhány větší axiální silou. Děje se, pokud jsou vodítka umístěny na jedné straně šachty. Jsou to výtahy s jednostranným trakčním nebo hydraulickým vedením. Valivé vedení se používá u vyšších jmenovitých rychlostí výtahu, protože mají menší odpor než u kluzného vedení. Vedení se skládá ze tří vodících kladek uloženy ve valivých ložiscích. Jedna kladka má čelní styk s vodítkem a dvě ostatní se stýkají bočně. Odpružením vodících kladek se zajišťuje permanentní styk s vodítkem a tím se zajistí i menší hlučnost.



Obr. 2.7 Valivé vedení [24]

## 2.5 Bezpečnostní komponenty lanových výtahů

Těmito bezpečnostními prvky se zabývá nařízení vlády o posuzování shody výtahů a jejich bezpečnostních komponent 122/2016 Sb. Toto nařízení upravuje požadavky na výtahy a jejich bezpečnostní komponenty, které musí splňovat před uvedením na trh nebo do provozu určité podmínky. Mezi bezpečnostní komponenty pro lanové výtahy patří:

- Zařízení k zajišťování šachetních dveří.
- Zařízení zabráňující pádu klece nebo nekontrolovatelnému pohybu.
- Zařízení k zabránění nadměrné rychlosti.
- Nárazníky akumulující energii nebo pohlcující energii.
- Bezpečnostní hydraulické zařízení pro zabránění pádu
- Elektrická zabezpečovací zařízení.

Všechny bezpečnostní komponenty musí před uvedením do provozu projít typovými zkouškami, které jsou popsány v normě ČSN EN 81-1 v příloze F - postupy zkoušek pro ověřování shody pro bezpečnostní komponenty.

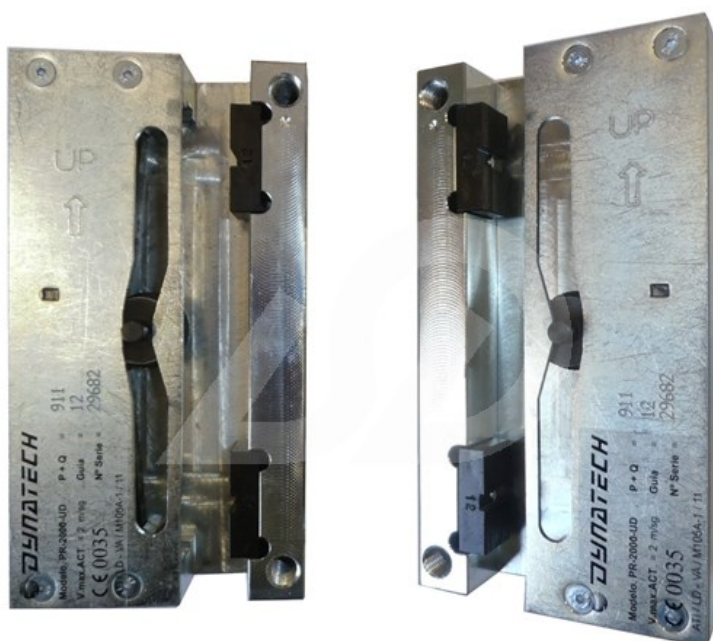
### 2.5.1 Zachycovače

Mechanický bezpečnostní prvek, který při překročení dopravní rychlosti o 15 procent má za úkol zabrzdit klec na vodítkách a udržet ji v klidu. Zachycovače se umísťují v horní nebo dolní části rámu výtahové klece. U trakčních výtahů se používají zachycovače působící v obou směrech. Uvolnění a samočinné znovunastavení zachycovačů může provést pouze osoba oprávněná. Dle provozních charakteristik se rozdělují zachycovače do tří skupin.

Klouzavé zachycovače zastaví klec na delší dráze třením o vodítka. Brzdná dráha a čas je závislá na aktuální rychlosti a hmotnosti klece. Používají se u výtahu, jehož jmenovitá rychlost přesahuje 1 m/s.

Samosvorné zachycovače s tlumením. Tento mechanismus umožňuje relativní pohyb klece proti stojící samosvorné části zachycovače. Podle normy se mohou využívat do maximální rychlosti 1 m/s.

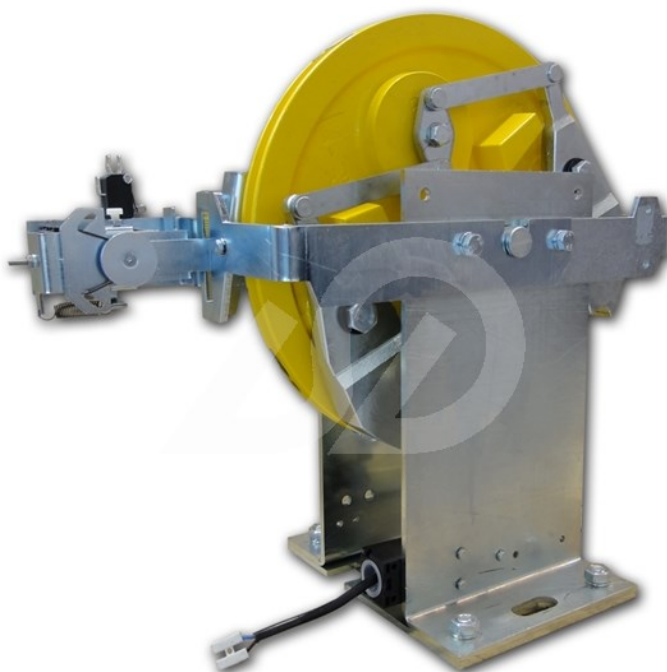
Samosvorné zachycovače zastaví klec na velmi krátkou vzdálenost. Zabrzdění probíhá za pomoci klínů, výstředníků nebo válečků. Tento druh zachycovačů se může použít, jestli jmenovitá rychlost výtahů nepřesáhne 0,63 m/s.



Obr. 2.8 Obousměrný klouzavý zachycovač Dynatech [19]

### 2.5.2 Omezovače rychlosti

Bezpečnostní prvek zabráňující překročení rychlosti výtahu. Mechanismus omezovače se sepne, když jmenovitá dopravní rychlost výtahu nabyde 115 %. V té chvíli mechanismus omezovače zastaví lanko, které spustí vybavení zachycovačů. Omezovače se můžou nacházet ve strojovně, v šachtě nebo přímo na konstrukci rámu klece výtahu. Vyrábí se jednosměrné nebo obousměrné. Omezovače musí být přístupné pro kontrolu a údržbu. Lano omezovače musí splňovat podmínky dle normy ČSN EN 12385-5.



Obr. 2.9 Omezovač rychlosti Dynatech [20]

### 2.5.3 Nárazníky

Musí být v dolním konci dráhy klece a protizávaží. Slouží k zastavení klece, když přejede dolní krajní polohu své dráhy. Svou pružností zpomalují pohyb klece. Akumulují energii. Plochy nárazníků, musí být umístěny v prohlubni, ale také na horním konci dráhy výtahu. Většinou bývají ve formě ocelových nárazek na vodítkách a na střechu klece se upevní odpovídající nárazníky. Jako plně stlačený nárazník se rozumí 90 procent stlačení jeho výšky. Norma ČSN EN 81-1 popisuje požadavky na různé druhy nárazníků.

Nárazníky s lineární charakteristikou tlumí kinetickou energii klece během jeho stlačování. Při maximálním stlačení je většina energie nahromaděna v nárazníku. Jsou vyráběny z ocelových pružin. Při vyšších nárazových rychlostech může způsobit zpětný odraz klece. Zdvih nesmí být menší než 65mm. Pokud se závity pružinového nárazníku dotýkají, považuje se nárazník za plně stlačený. Nárazník nemusí mít osvědčení bezpečnostní komponenty, ale musí být uvedeny rozměry a výpočty v technické dokumentaci výtahu. Tento druh nárazníku se používá u maximálních rychlostí výtahu 1 m/s.

Nárazníky s nelineární charakteristikou fungují na podobném principu jako u nárazníků s lineární charakteristikou. Při posuzování bezpečnostních prostorů v horní a dolní části šachty se vychází z plně stlačených nárazníků. Tento druh nárazníků jsou bezpečnostní komponenty a musí se ověřovat dle platných norem.

Nárazníky s tlumením zpětného chodu platí stejné požadavky jako u nárazníků s nelineární charakteristikou. Mohou se využívat do maximální rychlosti 1,6 m/s. V praxi se ale nepoužívají při větších rychlostech než 1 m/s.



*Obr. 2.10 Polyuretanový nárazník [21]*

Nárazníky pohlcující energii. Při tlumení nedochází ke zpětnému odrazu klece na rozdíl od ostatních druhů nárazníků. Mohou se tedy používat pro jakékoli jmenovité rychlosti. Jedná se o hydraulický nárazník. Funguje principem přepouštění hydraulické kapaliny z jedné části do druhé v uzavřeném průřezu. Kinetická energie se celá pohltí a přemění na teplo. Nárazník utlumí rychlost na nulovou hodnotu. Čím větší je rychlost výtahu, tím je větší zdvih nárazníku.



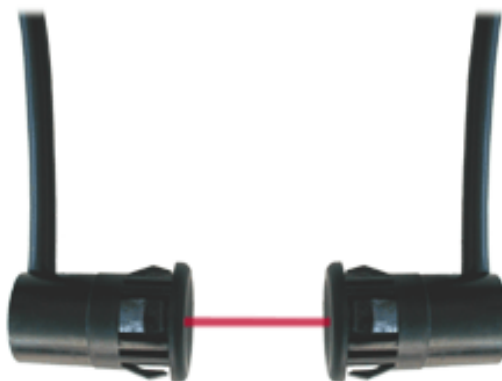
*Obr. 2.11 Hydraulický nárazník [22]*



#### 2.5.4 Zajištění dveří

Slouží k zajištění šachetních dveří, aby nedošlo k otevření, když za nimi nestojí klec výtahu. Funkci zajištění dveří slouží dvevní uzávěrka. Každé šachetní dveře se jimi vybavují. Šachetní dveře musí být zajištěny mechanicky před odjezdem klece ze stanice a zůstat tak po celou dobu, kdy se za nimi nenachází klec. Poloha dveří musí být také elektricky kontrolována.

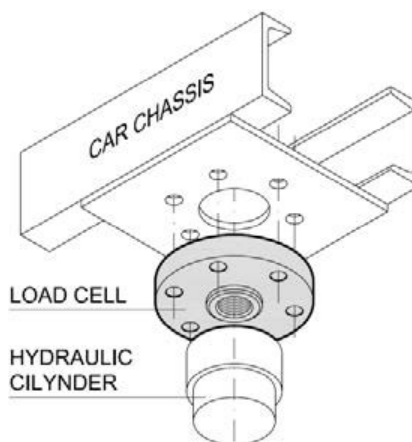
U automatických dveří se také musí zajišťovat ochrana proti pohybu dveří a to z důvodu nebezpečí přivření osob, které prochází vstupem do klece. Dveře musí mít při nárazu rezervační zařízení, které se spouští přerušením světelného paprsku nebo dotykové lišty, které jsou naistalovány ve dveřích.



Obr. 2.12 Jenocestná světelná závora ELS 263 [25]

#### 2.5.5 Ochrana proti přetížení

Tyto komponenty slouží jako snímače hmotnosti kabiny. Když je přetížená, indikují signál v kabině výtahu a znemožní jeho použití.



Obr. 2.13 Snímač do závěsu Dinacell ELS 263 [28]

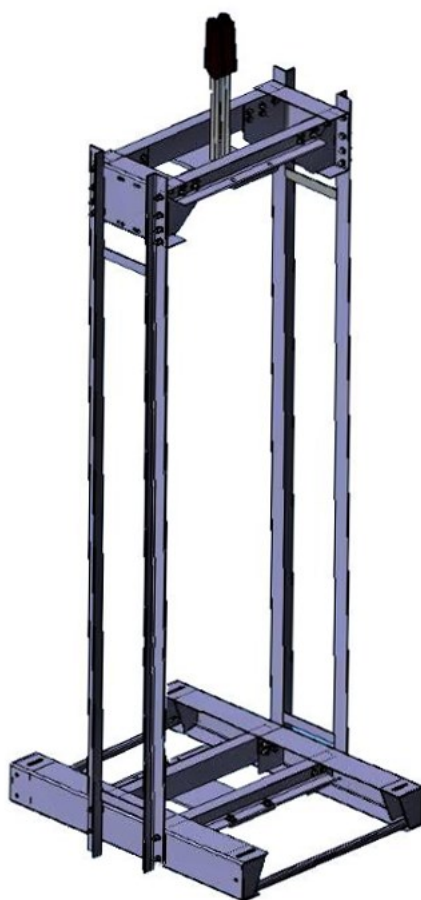
Můžeme rozdělit snímače dle místa použití a to buď na konstrukci klece výtahu nebo mimo ní. Na konstrukci klece můžou být umístěny buď do závěsu nosných lan nebo mezi rámem a kabinou. Mimo klec se snímače můžou dát přímo na lana. Výhodou této metody je žádný zásah do konstrukce rámu, ale na úkor většího prostoru. Mimo rám se můžou snímače dát pod konstrukci rámu stroje ve strojovně.



### 3 Rámy výtahových klecí

Konstrukční řešení rámu se většinou drží uznávaných provedení u stávajících výtahů a respektují zkušenosti předchozích generací. Různé poznatky z oblasti výroby a montáže umožňují konstruktérům firem vytvořit individuální konstrukci. Rám musí být správně navržen, aby se dala montáž provést v místě provozu výtahu.

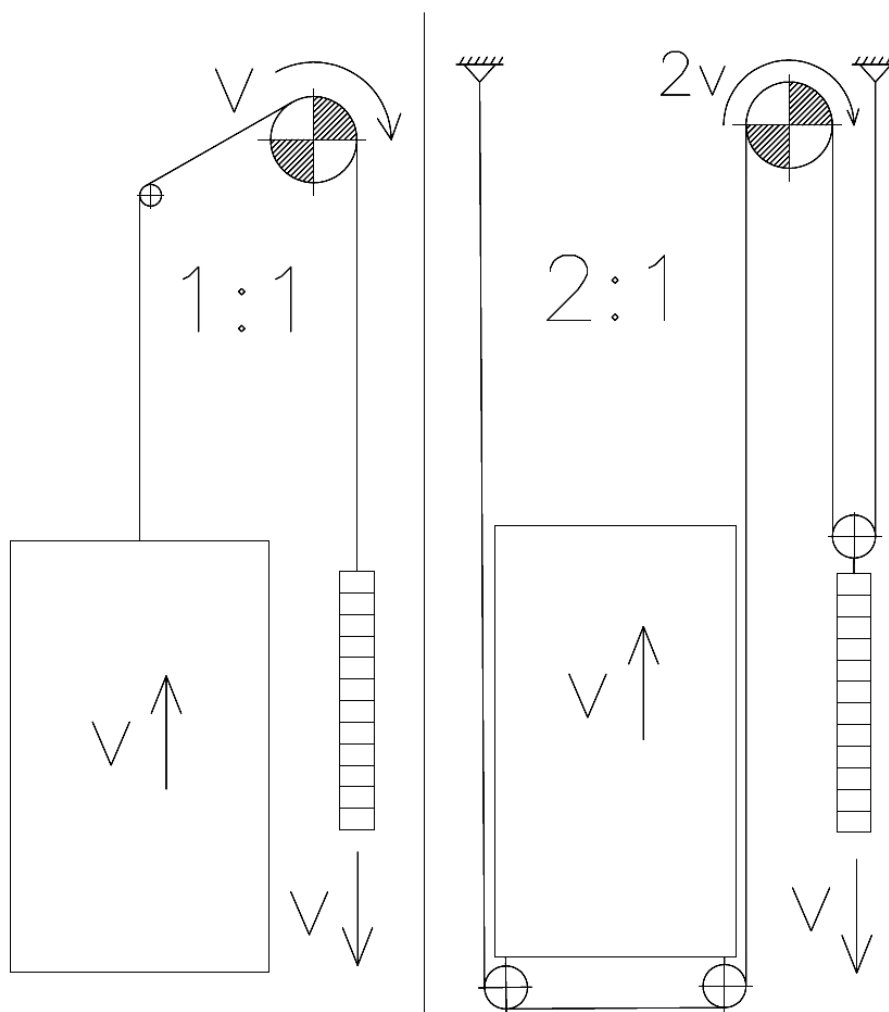
Základ konstrukce rámu tvoří profilované tvary, které jsou navzájem spojeny šroubovými spoji nebo svary. Profily jsou válcované, tažené nebo se ohýbají plechy různých tloušťek. Materiálem bývá většinou konstrukční oceli ocel třídy 11. Pro delší životnost se můžou profily povrchově upravit. Na těchto profilech jsou různě umístěné součásti pro provoz výtahu. Jedná se především o vodící čelisti, samočinné maznice, zachycovače, upnutí kladek nebo lan. Konstrukce rámu se dá obecně rozdělit na horní a dolní část, které spojují svislé táhla. Dle druhu systému lanování se na rám klece instaluje kladka či více kladek, nebo se rám spojuje s lany.



Obr. 3.1 Rám RL1 pro lanování 1:1 [26]

### 3.1 Systémy lanování

Lanování nebo také lanový převod je jedním ze základních parametrů lanového systému. V dnešní době existuje řada lanových systémů. Použití daného lanového systému závisí na podmínkách stavby šachty a parametru výtahu. Hlavně na poloze výtahového stroje, nosnosti a jmenovité rychlosti výtahu. Čím je vyšší lanový převod, tím je vyšší citlivost na zátěž, menší potřebná síla na zdvih, ale za to musí mít větší rychlost pohonu a větší délku lan. U osobních lanových výtahů se nejčastěji využívá lanování 1:1, 2:1 a 4:1. Používají se taky vyšší lanové převody 6:10 a 10:1 u výtahů firmy Kone.



Obr. 3.2 Příklady systémů lanování 1:1 a 2:1 [14]

### 3.2 Rámy klece s lanováním 1:1

Systém lanování 1:1 se používá u výtahů, kde je spíše méně prostoru a není možno použít vyššího lanového převodu. Rychlost trakčního kotouče je stejná jako jmenovitá rychlost výtahu. Jednoduchý systém se skládá z kabiny, protizávaží, trakčního pohonu a odklaněcí kladky, která vymezuje pozici lana jak je vidět nalevo na obr. 3.2. Trakční pohon

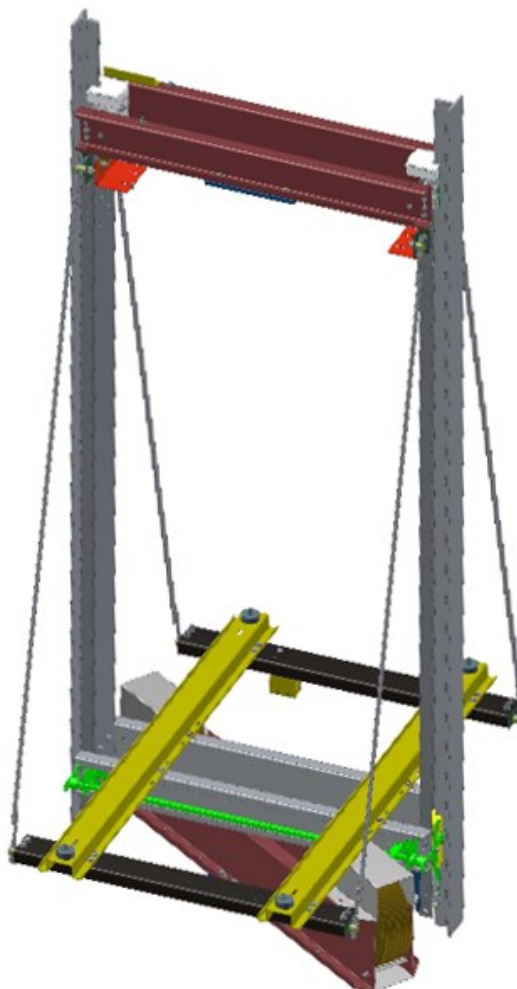
může být převodový nebo bezpřevodový. Konstrukce rámu se s druhem těchto pohonů nemění. Lana jsou upevněna závěsy v horní části rámu. Norma ČSN EN 81-1 určuje, jakým způsobem musí být lana spojena. Příklad konstrukce rámu s lanováním 1:1 je na obr. 3.1.

### 3.3 Rámy s lanováním 2:1

Koncepce konstrukce rámu se od lanování 1:1 příliš nemění. Hlavní změnou je záměna kladek místo zavěšení lan. Kladky se můžou instalovat nad nebo pod rámem. Záleží na podmínkách, kde se má výtah instalovat.

#### 3.3.1 Rám s kladkami pod klecí

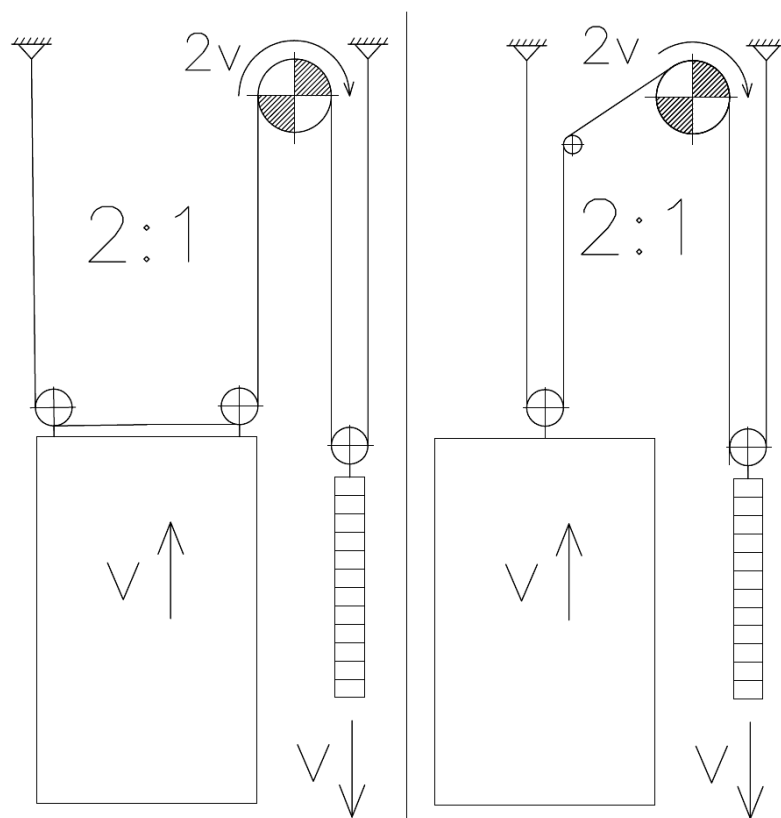
Příklad konstrukce rámu s kladkami pod rámem je napravo na obr. 3.2. Tento typ se využívá z důvodu omezení nízké hlavy šachty. Osy kladek jsou většinou rovnoběžné s bočními stěnami klece. Někdy jsou také pootočený z důvodu úspory místa v šachtě.



Obr. 3.3 Rám RL4 s kladkami pod klecí se šikmým uložením [27]

### 3.3.2 Rám s kladkami nad klecí

Konstrukce s kladkami nad rámem se může použít pro nízkou prohlubeň. V této verzi se může použít jedna nebo dvě kladky. Jedna kladka je umístěna uprostřed horní části rámu ve stejném místě jako je zavěšení lan u rámu lanování 1:1. V lanovém systému je nutno použít odkláněcích kladek. Na obr. 3.4 jsou vyobrazena schémata obou verzí.



Obr. 3.4 Schéma provedení rámu s jednou a dvěma kladkami [14]

## 4 Výpočty

V této kapitole se nachází výpočty dle normy ČSN EN 81-1+A3 [2], podle kterých se následně budou volit příslušné výtahové komponenty.

### Zadané hodnoty

Jako základní hodnoty pro výpočty slouží nosnost výtahu  $Q=450$  kg a rychlost výtahu  $v=1$  m/s. Dále pro výpočet slouží celková hmotnost kabiny  $P=480$  kg, která se skládá z hmotnosti navrhnutého rámu, hmotnost klece a hmotnost klecových dveří.

### 4.1 Výpočet vodiček

Postup dle výpočtu dle ČSN EN 81-1+A3 [2] v příloze G. Výpočty jsou v normě rozděleny podle umístění vodiček. Volené vodičky jsou centrálně vedeny a klec je zavěšena také centrálně.

### Zvolené vodičky

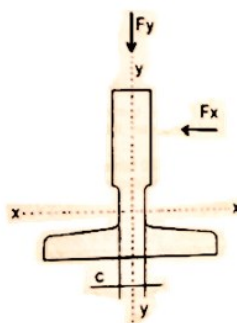
Byly voleny opracovaná vodička od firmy Monteferro, typ T 75-3/B [12].

|                                       |       |        |                    |
|---------------------------------------|-------|--------|--------------------|
| Modul průřezu vodička v ohybu k ose x | $W_x$ | 9290   | [mm <sup>3</sup> ] |
| Modul průřezu vodička v ohybu k ose y | $W_y$ | 7060   | [mm <sup>3</sup> ] |
| Moment setrvačnosti vodička k ose x   | $I_x$ | 403500 | [mm <sup>4</sup> ] |
| Moment setrvačnosti vodička k ose y   | $I_y$ | 264900 | [mm <sup>4</sup> ] |
| Plocha průřezu vodička                | $A$   | 1099   | [mm <sup>2</sup> ] |
| Šířka spojky vodička                  | $c$   | 8      | [mm]               |

Tab. 4.1 Parametry pro výpočet vodička Monteferro typ T 75-3/B

### Působení sil na vodičko

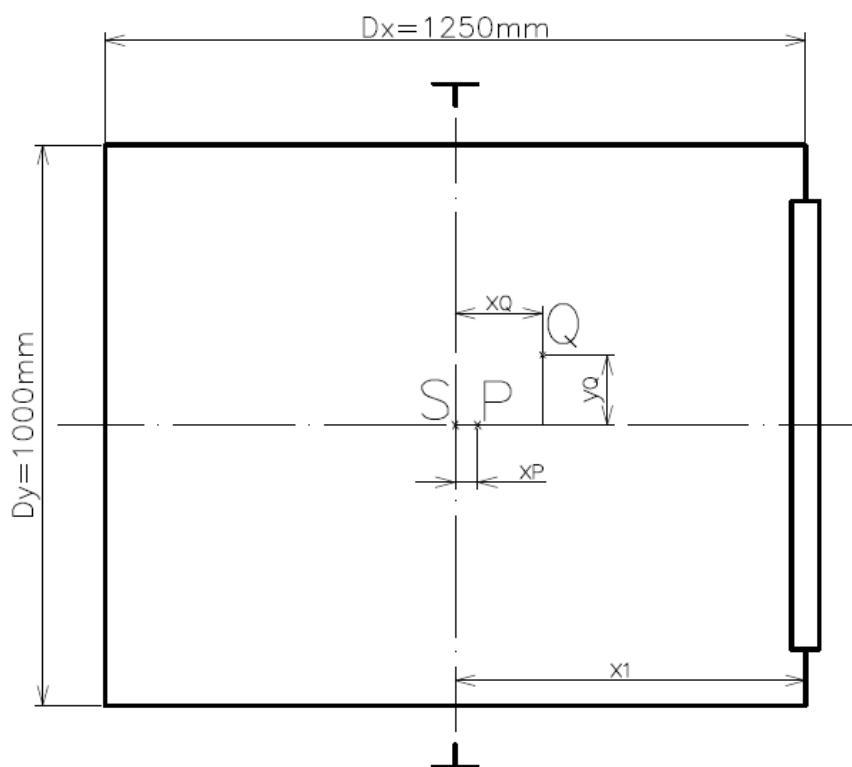
Na vodičko působí vodorovná síla  $F_x$  a svislá síla  $F_y$ , které jsou znázorněny na obr.4.2. Při vybavení zachycovačů působí také vzpěrná síla  $F_k$ .



Obr. 4.2 Působení sil na vodičko při jízdě[2]

### Vzdálenosti těžišť

V případě centrálně vedené klece se u výpočtu používají vzdálenosti bodů těžišť, a to těžiště klece P a těžiště nejnepříznivějšího rozložení nosnosti Q, které se vypočítá dle vzorce v normě. Bod S znázorňuje závěsný bod klece. Vzdálenosti těžiště klece P byly vypočítány pomocí programu Autodesk Inventor.



Obr. 4.3 Rozložení těžišť [14]

$$x_Q = \frac{D_X}{8} \quad (4.1)$$

$$x_Q = \frac{1250}{8}$$

$$x_Q = 156,25[mm]$$

Kde  $D_X$  hloubka klece [mm]

$$y_Q = \frac{D_Y}{8} \quad (4.2)$$

$$y_Q = \frac{1000}{8}$$

$$y_Q = 125[mm]$$

Kde  $D_Y$  šířka klece [mm]

#### 4.1.1 Působení zachycovačů

$\sigma_{DOV1} = 205 \text{ MPa}$  Dovolené napětí v ohybu při působení zachycovačů.

$\delta_{DOV} = 5 \text{ mm}$  Dovolенý průhyb pro vodítka.

#### Namáhání na ohyb k ose Y vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_{X1} = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} \quad (4.3)$$

$$F_{X1} = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (450 \cdot 156,25 + 480 \cdot 35)}{2 \cdot 2400}$$

$$F_{X1} = 356,1 [\text{N}]$$

|     |       |   |      |
|-----|-------|---|------|
| Kde | $k_1$ | součinitel rázu při působení zachycovačů            | [-]  |
|     | $x_Q$ | vodorovná vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení Q | [mm] |
|     | $x_P$ | vodorovná vzdálenost těžiště hmotnosti klece P      | [mm] |
|     | $n$   | počet vodítek                                       | [ks] |
|     | $h$   | svislá vzdálenost mezi vodícími čelistmi            | [mm] |

$$M_{Y1} = \frac{3 \cdot F_{X1} \cdot l}{16} \quad (4.4)$$

$$M_{Y1} = \frac{3 \cdot 356,1 \cdot 3000}{16}$$

$$M_{Y1} = 200306,3 [\text{Nmm}]$$

|     |       |                                 |       |
|-----|-------|---------------------------------|-------|
| Kde | $l$   | vzdálenost mezi kotvami vodítek | [mm]  |
|     | $M_Y$ | ohybový moment k ose y          | [Nmm] |

$$\sigma_{y1} = \frac{M_{y1}}{W_y} \quad (4.5)$$

$$\sigma_{y1} = \frac{2000306,3}{7060}$$

$$\sigma_{y1} = 28,37 [\text{MPa}]$$

|     |            |                        |       |
|-----|------------|------------------------|-------|
| Kde | $\sigma_y$ | ohybové napětí k ose y | [MPa] |
|-----|------------|------------------------|-------|

#### Namáhání na ohyb k ose X vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_{y1} = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h} \quad (4.6)$$

$$F_{y1} = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (450 \cdot 125 + 480 \cdot 0)}{\frac{2}{2} \cdot 2400}$$

$$F_{y1} = 459,8 [\text{N}]$$

|     |       |  |      |
|-----|-------|--|------|
| Kde | $y_Q$ | svislá vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení Q | [mm] |
|     | $y_P$ | svislá vzdálenost těžiště hmotnosti klece P      | [mm] |

$$M_{x1} = \frac{3 \cdot F_{y1} \cdot l}{16} \quad (4.7)$$

$$M_{x1} = \frac{3 \cdot 459,8 \cdot 3000}{16}$$

$$M_{x1} = 258637,5 [Nmm]$$

Kde  $\sigma_y$  ohybové napětí k ose y [MPa]

$$\sigma_{x1} = \frac{M_{x1}}{W_x} \quad (4.8)$$

$$\sigma_{x1} = \frac{258637,5}{9290}$$

$$\sigma_{x1} = 27,84 [MPa]$$

Kde  $\sigma_y$  ohybové napětí k ose y [MPa]

### Vzpěr

$$F_k = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (P+Q)}{n} \quad (4.9)$$

$$F_k = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (480+450)}{2}$$

$$F_k = 9123,3 [N]$$

Kde  $F_k$  vzpěrná síla na jedno vodítko [mm]

$$\lambda = \frac{l}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} \quad (4.10)$$

$$\lambda = \frac{3000}{\sqrt{\frac{264900}{1099}}}$$

$$\lambda = 193,23 [-]$$

Kde  $\lambda$  součinitel štíhlosti [-]

Dle  $\lambda$  a materiálu vodítka se vybere z normy vzorec pro  $\omega$ .

$$\omega = 0,00016887 \cdot \lambda^2 \quad (4.11)$$

$$\omega = 0,00016887 \cdot 193,23^2$$

$$\omega = 6,31 [-]$$

$$\sigma_k = \frac{F_k \cdot \omega}{A} \quad (4.12)$$

$$\sigma_k = \frac{9123,3 \cdot 6,31}{1099}$$

$$\sigma_k = 52,38 [MPa]$$

Kde  $\sigma_k$  Ohybové napětí ve vzpěru [MPa]

$\omega$  Hodnota omega [-]



**Kombinované namáhání**

$$\sigma_{m1} = \sigma_{x1} + \sigma_{y1} \quad (4.13)$$

$$\sigma_{m1} = 27,84 + 28,37$$

$$\sigma_{m1} = 56,21 [\text{MPa}]$$

$$\sigma_{m1} \leq \sigma_{DOV1}$$

$$56,21 < 205 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

*Kde  $\sigma_m$  namáhání na ohyb* *[MPa]*

$$\sigma_1 = \sigma_{m1} + \frac{F_k}{A} \quad (4.14)$$

$$\sigma_1 = 56,21 + \frac{9123,3}{1099}$$

$$\sigma_1 = 64,51 [\text{MPa}]$$

$$\sigma_1 \leq \sigma_{DOV1}$$

$$64,51 < 205 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

*Kde  $\sigma$  namáhání na ohyb a tlak* *[MPa]*

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,96 \cdot \sigma_{m1} \quad (4.15)$$

$$\sigma_c = 52,38 + 0,96 \cdot 56,21$$

$$\sigma_c = 106,34 [\text{MPa}]$$

$$\sigma_c \leq \sigma_{DOV1}$$

$$106,34 < 205 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

*Kde  $\sigma_c$  namáhání na ohyb a vzpěr* *[MPa]*

**Namáhání příruby vodítka na ohyb**

$$\sigma_{F1} = \frac{1,85 \cdot F_{x1}}{c^2} \quad (4.16)$$

$$\sigma_{F1} = \frac{1,85 \cdot 356,1}{8^2}$$

$$\sigma_{F1} = 10,29 [\text{MPa}]$$

$$\sigma_{F1} \leq \sigma_{DOV1}$$

$$10,29 < 205 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

Kde  $\sigma_F$  namáhání příruby vodítka na ohyb [MPa]

### Průhyby

$$\delta_{x1} = 0,7 \cdot \frac{F_{x1} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \quad (4.17)$$

$$\delta_{x1} = 0,7 \cdot \frac{356,3 \cdot 3000^3}{48 \cdot 210000 \cdot 264900}$$

$$\delta_{x1} = 2,52 [\text{mm}]$$

$$\delta_{x1} \leq \delta_{DOV}$$

$$2,52 < 5 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

Kde  $\delta_x$  průhyb v ose x [mm]

$E$  modul pružnosti v tahu pro ocel [Nmm]

$$\delta_{y1} = 0,7 \cdot \frac{F_{y1} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad (4.18)$$

$$\delta_{y1} = 0,7 \cdot \frac{459,8 \cdot 3000^3}{48 \cdot 210000 \cdot 403500}$$

$$\delta_{y1} = 2,14 [\text{mm}]$$

$$\delta_y \leq \delta_{DOV}$$

$$2,14 < 5 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

Kde  $\delta_y$  průhyb v ose y [mm]

### 4.1.2 Normální provoz – jízda

$\sigma_{DOV2} = 165 \text{ Mpa}$  Dovolené napětí v ohybu při jízdě a nakládání klece.

$\delta_{DOV} = 5 \text{ mm}$  Dovolенý průhyb pro vodítka

**Namáhání na ohyb k ose Y vodítka silami ve vodících čelistech**

$$F_{x2} = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} \quad (4.19)$$

$$F_{x2} = \frac{1,2 \cdot 9,81 \cdot (450 \cdot 156,25 + 480 \cdot 35)}{2 \cdot 2400}$$

$$F_{x2} = 213,6[N]$$

$$Kde \quad k_2 \quad \text{součinitel rázu při jízdě} \quad [-]$$

$$M_{Y2} = \frac{3 \cdot F_{x2} \cdot l}{16} \quad (4.20)$$

$$M_{Y2} = \frac{3 \cdot 213,6 \cdot 3000}{16}$$

$$M_{Y2} = 120150[Nmm]$$

$$\sigma_{y2} = \frac{M_{y2}}{W_y} \quad (4.21)$$

$$\sigma_{y2} = \frac{120150}{7060}$$

$$\sigma_{y2} = 17,02[MPa]$$

$$Kde \quad \sigma_{y2} \quad \text{ohybové napětí k ose y při jízdě} \quad [MPa]$$

**Namáhání na ohyb k ose X vodítka silami ve vodících čelistech**

$$F_{y2} = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{n \cdot h} \quad (4.22)$$

$$F_{y2} = \frac{1,2 \cdot 9,81 \cdot (450 \cdot 125 + 480 \cdot 0)}{\frac{2}{2} \cdot 2400}$$

$$F_{y2} = 275,9[N]$$

$$M_{x2} = \frac{3 \cdot F_{y2} \cdot l}{16} \quad (4.23)$$

$$M_{x2} = \frac{3 \cdot 275,9 \cdot 3000}{16}$$

$$M_{x2} = 155193,8[Nmm]$$

$$\sigma_{y2} = \frac{M_{x2}}{W_x} \quad (4.24)$$

$$\sigma_{y2} = \frac{155193,8}{9290}$$

$$\sigma_{y2} = 16,7[MPa]$$

**Vzpěr**

Při tomto zatížení se vzpěr nevyskytuje.

**Kombinované namáhání**

$$\sigma_{m2} = \sigma_{x2} + \sigma_{y2} \quad (4.25)$$

$$\sigma_{m2} = 17,02 + 16,7$$

$$\sigma_{m2} = 33,72 [MPa]$$

$$\sigma_{m2} \leq \sigma_{DOV2}$$

$$33,72 < 165 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{m2} \quad (4.26)$$

$$\sigma_2 = 33,72$$

$$\sigma_2 = 33,72 [MPa]$$

$$\sigma_2 \leq \sigma_{DOV2}$$

$$33,72 < 165 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

**Namáhání příruby vodítka na ohyb**

$$\sigma_{F2} = \frac{1,85 \cdot F_{x2}}{c^2} \quad (4.27)$$

$$\sigma_{F2} = \frac{1,85 \cdot 213,6}{8^2}$$

$$\sigma_{F2} = 6,17 [MPa]$$

$$\sigma_{F2} \leq \sigma_{DOV2}$$

$$6,17 < 165 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

**Průhyby**

$$\delta_{x2} = 0,7 \cdot \frac{F_{x2} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \quad (4.28)$$

$$\delta_{x2} = 0,7 \cdot \frac{213,6 \cdot 3000^3}{48 \cdot 210000 \cdot 264900}$$

$$\delta_{x2} = 1,51 [mm]$$

$$\delta_{x2} \leq \delta_{DOV}$$

$$1,51 < 5 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

$$\delta_{y2} = 0,7 \cdot \frac{F_{y2} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad (4.29)$$

$$\delta_{y2} = 0,7 \cdot \frac{275,9 \cdot 3000^3}{48 \cdot 210000 \cdot 403500}$$

$$\delta_{y2} = 1,28[mm]$$

$$\delta_{y2} \leq \delta_{DOV}$$

$$1,28 < 5 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

#### 4.1.3 Normální provoz – nakládání

$\sigma_{DOV2} = 165Mpa$  Dovolené napětí v ohybu při jízdě a nakládání klece.

$\delta_{DOV} = 5mm$  Dovolенý průhyb pro vodička.

#### Zatížení prahu

$$F_s = 0,4 \cdot g_n \cdot Q \quad (4.30)$$

$$F_s = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 450$$

$$F_s = 1765,8[N]$$

#### Namáhání na ohyb k ose Y vodička silami ve vodících čelistech

$$F_{x3} = \frac{g_n \cdot P \cdot x_P + F_s \cdot x_1}{2 \cdot h} \quad (4.31)$$

$$F_{x3} = \frac{9,81 \cdot 480 \cdot 35 + 1765,8 \cdot 625}{2 \cdot 2400}$$

$$F_{x3} = 264,3[N]$$

Kde  $x_1$  Vodorovná vzdálenost těžiště klecových dveří [-]

$$M_{Y3} = \frac{3 \cdot F_{x3} \cdot l}{16} \quad (4.32)$$

$$M_{Y3} = \frac{3 \cdot 264,3 \cdot 3000}{16}$$

$$M_{Y3} = 148644,5[Nmm]$$

$$\sigma_{y3} = \frac{M_{y3}}{W_y} \quad (4.33)$$

$$\sigma_{y3} = \frac{148644,5}{7060}$$

$$\sigma_{y3} = 21,05[MPa]$$

### Namáhání na ohyb k ose X vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_{y3} = \frac{g_n \cdot P \cdot y_P + F_s \cdot y_1}{2 \cdot h} \quad (4.34)$$

$$F_{y3} = \frac{9,81 \cdot 480 \cdot 0 + 1765,8 \cdot 0}{2400}$$

$$F_{y3} = 0[N]$$

Kde  $y_1$  svislá vzdálenost těžiště klecových dveří [-]

$$M_{x3} = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} \quad (4.35)$$

$$M_{x3} = \frac{3 \cdot 0 \cdot 3000}{16}$$

$$M_{x3} = 0[Nmm]$$

$$\sigma_{y3} = \frac{M_{y3}}{W_y} \quad (4.36)$$

$$\sigma_{y3} = \frac{0}{7060}$$

$$\sigma_{y3} = 0[MPa]$$

### Vzpěr

Při tomto zatížení se vzpěr nevyskytuje.

### Kombinované namáhání

$$\sigma_{m3} = \sigma_{x3} + \sigma_{y3} \quad (4.37)$$

$$\sigma_{m3} = 21,05 + 0$$

$$\sigma_{m3} = 21,05[MPa]$$

$$\sigma_{m3} \leq \sigma_{DOV2}$$

$$21,05 < 165 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

$$\sigma_3 = \sigma_{m3} \quad (4.38)$$

$$\sigma_3 = 21,05$$

$$\sigma_3 = 21,05[MPa]$$

$$\sigma_3 \leq \sigma_{DOV2}$$

$$21,05 < 165 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

### Namáhání příruby vodítka na ohyb

$$\sigma_{F3} = \frac{1,85 \cdot F_{x3}}{c^2} \quad (4.39)$$

$$\sigma_{F3} = \frac{1,85 \cdot 264,3}{8^2}$$

$$\sigma_{F3} = 7,64[MPa]$$

$$\sigma_{F3} \leq \sigma_{DOV2}$$

$$7,64 < 165 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

### Průhyby

$$\delta_{x3} = 0,7 \cdot \frac{F_{x3} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \quad (4.40)$$

$$\delta_{x3} = 0,7 \cdot \frac{264,3 \cdot 3000^3}{48 \cdot 210000 \cdot 264900}$$

$$\delta_{x3} = 1,87[mm]$$

$$\delta_{x3} \leq \delta_{DOV}$$

$$1,87 < 5 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

$$\delta_{y3} = 0,7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad (4.41)$$

$$\delta_{y3} = 0,7 \cdot \frac{0 \cdot 3000^3}{48 \cdot 210000 \cdot 403500}$$

$$\delta_{y3} = 0[mm]$$

$$\delta_{y3} \leq \delta_{DOV}$$

$$0 < 5 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

## 4.2 Výpočet protizávaží

$$m_{pr} = 0,4 \cdot Q + P \quad (4.42)$$

$$m_{pr} = 0,4 \cdot 450 + 480$$

$$m_{pr} = 660[kg]$$

## 4.3 Výpočet trakční schopnosti

Výpočet slouží ke kontrole, jestli nedojde k prokluzu mezi nosnými lany a třecím kotoučem na výtahovém stroji. Ve výpočtech je počítáno se třemi nejnepríznivější případy, kdy může dojít k prokluzu. Podmínky trakční schopnosti se nachází v normě ČSN EN 81-1+A3 v příloze M.

### 4.3.1 Předvýpočty

#### Volba typu lana

Pro výpočet trakce potřebujeme znát hmotnost lan. Jako nosné lano byl volen typ PAWO 819W od firmy Gustav Wolf. Všechny potřebné parametry pro výpočet hmotnosti lan je v tabulce č.4.2. Další parametry nosného lana a jejich bezpečnosti výpočet je v kapitole 4.5.

|                     |       |       |                       |
|---------------------|-------|-------|-----------------------|
| Průměr lana         | $d_l$ | 6     | [mm]                  |
| Měrná hmotnost lana | $q_l$ | 0,153 | [kg.m <sup>-1</sup> ] |
| Počet lan           | $n_l$ | 7     | [ks]                  |
| Výška zdvihu        | H     | 15    | [m]                   |

Tab. 4.2 Parametry pro výpočet hmotnosti lan

#### Výpočet hmotnosti lan

$$m_l = n_l \cdot q_l \cdot H \quad (4.43)$$

$$m_l = 7 \cdot 0,153 \cdot 15$$

$$m_l = 16,07[kg]$$

#### Volba drážky

Drážka je volena polokruhová se zářezem. Její parametry jsou v tabulce 4.3

|                       |          |    |     |
|-----------------------|----------|----|-----|
| Úhel klínu drážky     | $\gamma$ | 30 | [°] |
| Úhel zářezu drážky    | $\beta$  | 85 | [°] |
| Součinitel drážky/[I] | $c_2$    | 1  | [-] |

Tab. 4.3 Parametry drážky



### 4.3.2 Příklad 1

Poměr nabíhající a odbíhající síly je vypočítána pro případ polohy klece v šachtě naložené 125% jmenovitého zatížení. Nejnepríznivější případ je, když klec se nachází v dolní krajní stanici.

#### Síla na straně klece

$$T_{11} = g_n \cdot (1,25 \cdot Q + P + m_l) \quad (4.44)$$

$$T_{11} = 9,81 \cdot (1,25 \cdot 450 + 480 + 16,07)$$

$$T_{11} = 10384,6[N]$$

#### Síla na straně protizávaží

$$T_{21} = g_n \cdot m_{pr} \quad (4.45)$$

$$T_{21} = 9,81 \cdot 660$$

$$T_{21} = 6474,6[N]$$

#### Součinitel tření v drážce

$$f_1 = \mu_1 \cdot \frac{4 \cdot (\cos \frac{\gamma}{2} - \sin \frac{\beta}{2})}{\pi - \frac{\beta \cdot \pi}{180} - \frac{\gamma \cdot \pi}{180} - \sin \beta + \sin \gamma} \quad (4.46)$$

$$f_1 = 0,1 \cdot \frac{4 \cdot (\cos \frac{30}{2} - \sin \frac{85}{2})}{\pi - \frac{85 \cdot 3,14}{180} - \frac{30 \cdot 3,14}{180} - \sin 85 + \sin 30}$$

$$f_1 = 0,182 [-]$$

Kde  $\mu_1$  minimální součinitel tření pro případ 1 [-]

#### Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{11}}{T_{21}} \cdot c_2 \leq e^{f_1 \cdot \hat{\alpha}} \quad (4.47)$$

$$\frac{10384,6}{6474,6} \cdot 1 < 2,718^{0,182 \cdot 3,665}$$

$$1,6 < 1,95 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

Kde  $\hat{\alpha}$  úhel opásání [rad]

$e$  eulerovo číslo [-]

### 4.3.3 Příklad 2

Poměr nabíhající a obíhající síly je vypočítána pro případ klece, která plně naložená nouzově zastavuje v dolní krajní stanici.

#### Síla na straně klece

$$T_{12} = (g_n + a) \cdot (Q + P + m_l) \quad (4.48)$$

$$T_{12} = (9,81 + 0,5) \cdot (450 + 480 + 16,07)$$

$$T_{12} = 9753,9[N]$$

#### Síla na straně protizávaží

$$T_{22} = (g_n - a) \cdot m_{pr} \quad (4.49)$$

$$T_{22} = (9,81 - 0,5) \cdot 660$$

$$T_{22} = 6144,6[N]$$

#### Součinitel tření v drážce

$$\mu_2 = \frac{1}{1 + \frac{v}{10}} \quad (4.50)$$

$$\mu_2 = \frac{1}{1 + \frac{1}{10}}$$

$$\mu_2 = 0,091[-]$$

$$f_2 = \mu_2 \cdot \frac{4 \cdot (\cos \frac{\gamma}{2} - \sin \frac{\beta}{2})}{\pi - \frac{\beta \cdot \pi}{180} - \frac{\gamma \cdot \pi}{180} - \sin \beta + \sin \gamma} \quad (4.51)$$

$$f_2 = 0,091 \cdot \frac{4 \cdot (\cos \frac{30}{2} - \sin \frac{85}{2})}{\pi - \frac{85 \cdot 3,14}{180} - \frac{30 \cdot 3,14}{180} - \sin 85 + \sin 30}$$

$$f_2 = 0,165 [-]$$

Kde  $\mu_2$  minimální součinitel tření pro případ 2 a 3 [ks]

#### Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{12}}{T_{22}} \cdot c_1 \cdot c_2 \leq e^{f_2 \cdot \hat{\alpha}} \quad (4.52)$$

$$\frac{9753,9}{6144,6} \cdot 1,15 \cdot 1 < 2,718^{0,165 \cdot 3,665}$$

$$1,82 < 1,84 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

Kde  $c_1$  součinitel zrychlení [1] [-]

#### 4.3.4 Příklad 3

Poměr nabíhající a obíhající síly je vypočítána pro případ klece, která nouzově zastavuje prázdná ve vrchní krajní stanici.

**Síla na straně klece**

$$T_{13} = (g_n - a) \cdot P \quad (4.53)$$

$$T_{13} = (9,81 - 0,5) \cdot 480$$

$$T_{13} = 4468,8[N]$$

**Síla na straně protizávaží**

$$T_{23} = (g_n + a) \cdot (m_{pr} + m_l) \quad (4.54)$$

$$T_{23} = (9,81 + 0,5) \cdot (660 + 16,07)$$

$$T_{23} = 6970,3[N]$$

**Kontrola trakční schopnosti**

$$\frac{T_{23}}{T_{13}} \cdot c_1 \cdot c_2 \leq e^{f_2 \cdot \alpha} \quad (4.55)$$

$$\frac{6970,3}{4468,8} \cdot 1,15 \cdot 1 < 2,718^{0,165 \cdot 3,665}$$

$$1,79 < 1,84 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

### 4.4 Volba pohonu a kladek

#### 4.4.1 Volba pohonu

Po konzultaci s odborníkem a společně se softwarem ZAlift byl zvolen bezpřevodový motor s měničem frekvence SM220.20C od firmy Zeihl-Abegg. [13] Parametry pohonu jsou v tabulce 4.4.



Obr. 4.4 Zeigl-Abegg SM200.20C [34]

|                        |       |     |                         |
|------------------------|-------|-----|-------------------------|
| Výstupní výkon         | $P_m$ | 4,1 | [kW]                    |
| Jmenovité otáčky       | $n_m$ | 120 | [ot.min <sup>-1</sup> ] |
| Nominální moment       | $M_m$ | 330 | [N.m]                   |
| Průměr hnacího kotouče | $D$   | 240 | [mm]                    |
| Rozteč drážek          | $t_d$ | 10  | [mm]                    |

Tab. 4.4 Parametry pro výpočet hmotnosti lan

#### 4.4.2 Kontrola tlaku v drážce

##### Výpočet dovoleného tlaku

$$p_{DOV} = \frac{12,5+4 \cdot v}{1+v} \quad (4.56)$$

$$p_{DOV} = \frac{12,5+4 \cdot 1}{1+1}$$

$$p_{DOV} = 8,25 [MPa]$$

##### Výpočet síly T

Jedná se o sílu na straně klece výtahu, která je plně zatížená a stojí v dolní krajní stanici.

$$T = g_n \cdot (P + Q + m_l) \quad (4.57)$$

$$T = 9,81 \cdot (480 + 450 + 16,07)$$

$$T = 9280 [N]$$

##### Výpočet tlaku v drážce

$$p_d = \frac{T}{n_l \cdot d_l \cdot D} \cdot \frac{8 \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right)}{\pi - \left(\frac{\beta \cdot \pi}{180}\right) - \sin(\beta)} \quad (4.58)$$

$$p_d = \frac{9280}{7 \cdot 6 \cdot 240} \cdot \frac{8 \cdot \cos\left(\frac{85}{2}\right)}{\pi - \left(\frac{85 \cdot \pi}{180}\right) - \sin(85)}$$

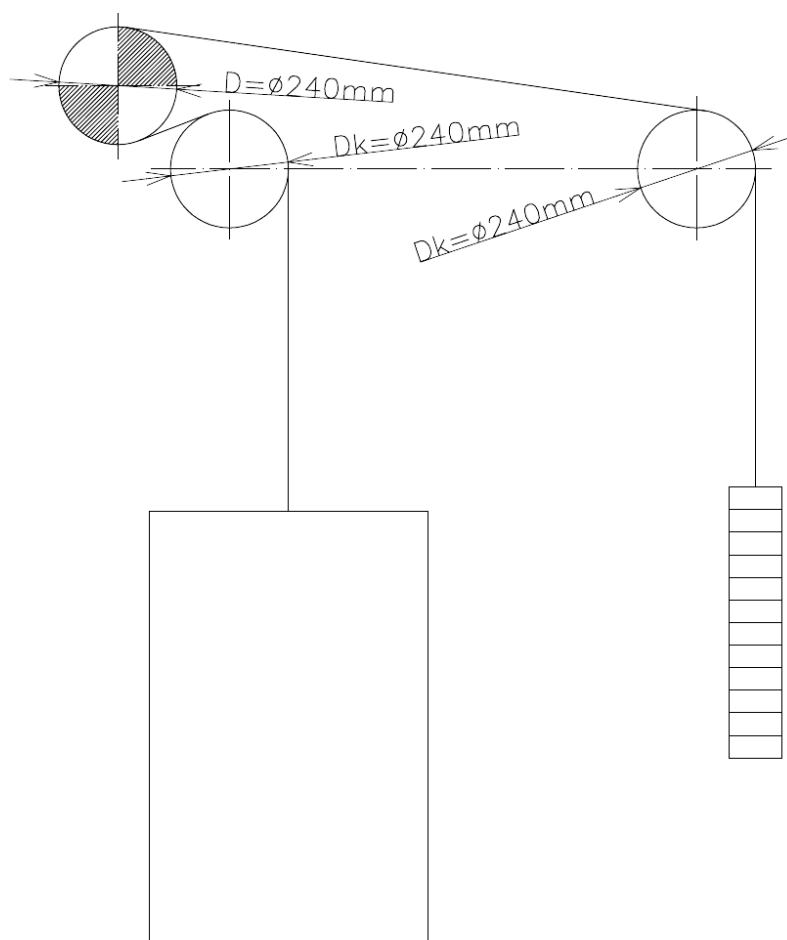
$$p_d = 8,2 [MPa]$$

$$p_d \leq p_{DOV}$$

$$8,2 < 8,25 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

#### 4.4.3 Volba průměrů kladek a jejich znázornění

Do systému lanování, kromě trakčního kotouče, budou dvě další odklaněcí kladky o průměru  $D_k=240\text{mm}$ . Jedna na straně klece s protisměrným ohybem lana a druhá na straně závaží se stejným směrem ohybu lana. Systém lanování je schematicky znázorněn na obr. 4.4.



Obr. 4.5 Systém lanování [14]

## 4.5 Kontrola nosných lan

V normě ČSN EN 81-1+A3 se udává, že pro případ pohonu s třecími kotouči se třemi a více lany je minimální součinitel bezpečnosti  $s_1=12$ . Součinitel vyjadřuje nejmenší možný poměr mezi zaručenou únosností lana a největší silou v lanu. To je v případě, pokud klec plně zatížená stojí v dolní krajní stanici, což odpovídá síle  $T$ , která byla počítána v minulé kapitole.

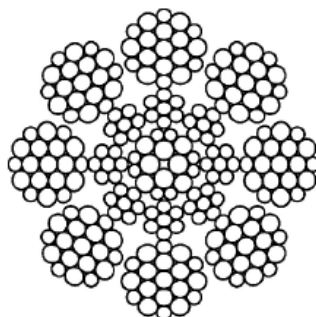
### 4.5.1 Parametry lana

Jako typ nosného lana byl volen PAWO 819W od firmy Gustav Wolf, jak již bylo zmíněno. Typ konstrukce lana je 8x19 Warrington + IWRC s třídou pevností lana 1770 [13]. Parametry lana jsou v tabulce 4.5.

|                              |           |       |                       |
|------------------------------|-----------|-------|-----------------------|
| Průměr lana                  | $d_l$     | 6     | [mm]                  |
| Měrná hmotnost lana          | $q_l$     | 0,153 | [kg.m <sup>-1</sup> ] |
| Minimální síla při přetržení | $F_{min}$ | 29500 | [N]                   |

Tab. 4.5 Parametry pro výpočet hmotnosti lan

Tento typ lana není v souladu s normou ČSN EN 81-1 a ČSN EN 12385-5. Detaily o provozní způsobilosti lana jsou v certifikátu o typové zkoušce No.G 454/1.



Obr. 4.6 Lano PAWO 819W [13]

#### 4.5.2 Ekvivalentní počet lanových kladek

##### Ekvivalentní počet hnacích kotoučů

Hodnota je dána dle typu drážky. Pro polokruhovou drážku se zářezem s úhlem 85 stupňů je  $N_{equiv(t)}=3,8$ .

##### Výpočet ekvivalentního počtu odkláněcích kladek

$$K_p = \left(\frac{D}{D_k}\right)^4 \quad (4.59)$$

$$K_p = \left(\frac{240}{240}\right)^4$$

$$K_p = 1[-]$$

|            |       |   |             |
|------------|-------|---|-------------|
| <i>Kde</i> | $K_p$ | <i>poměr průměrů hnacího kotouče a kladky</i> | <i>[-]</i>  |
|            | $D$   | <i>průměr hnacího kotouče</i>                 | <i>[mm]</i> |
|            | $D_k$ | <i>průměr ostatních kladek</i>                | <i>[mm]</i> |

$$N_{equiv(p)} = K_p \cdot (N_{ps} + 4 \cdot N_{pr}) \quad (4.60)$$

$$N_{equiv(p)} = 1 \cdot (1 + 4 \cdot 1)$$

$$N_{equiv(p)} = 5[-]$$

|            |          |  |             |
|------------|----------|--|-------------|
| <i>Kde</i> | $N_{ps}$ | <i>počet kladek s ohybem ve stejném smyslu</i> | <i>[ks]</i> |
|            | $N_{pr}$ | <i>počet kladek se střídavým ohybem</i>        | <i>[ks]</i> |

##### Ekvivalentní počet lanových kladek

$$N_{equiv} = N_{equiv(t)} + N_{equiv(p)} \quad (4.61)$$

$$N_{equiv} = 3,8 + 5$$

$$N_{equiv} = 8,8[-]$$

### 4.5.3 Součinitel bezpečnosti lan

$$s_2 = 10 \cdot \left( 2,6834 - \frac{\log\left(\frac{695,85 \cdot 10^6 \cdot N_{equiv}}{\left(\frac{D}{d_l}\right)^{8,567}}\right)}{\log\left(77,09 \cdot \left(\frac{D}{d_l}\right)^{-2,894}\right)} \right) \quad (4.62)$$

$$s_2 = 10 \cdot \left( 2,6834 - \frac{\log\left(\frac{695,85 \cdot 10^6 \cdot 8,8}{\left(\frac{240}{6}\right)^{8,567}}\right)}{\log\left(77,09 \cdot \left(\frac{240}{6}\right)^{-2,894}\right)} \right)$$

$$s_2 = 12,51[-]$$

### 4.5.4 Bezpečnost lan

$$s_3 = \frac{F_{min} \cdot n_l}{T} \quad (4.63)$$

$$s_3 = \frac{29500 \cdot 7}{9280}$$

$$s_3 = 19,54[-]$$

$$s_2 \leq s_3$$

$$12,51 < 19,54 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

$$s_1 \leq s_3$$

$$12 < 19,54 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

## 5 Konstrukční návrh rámu

Nosnost výtahu 450kg je určena pro přepravu maximálně šesti osob. Aby se zabránilo přetížení kabiny, je plocha klece omezena normou ČSN EN 81-3+A3 [2]. Výtah je přístupný pro osoby s omezenou schopností pohybu a orientace. Z tohoto důvodu jsou na výtah kladeny různé požadavky, které jsou dány vyhláškou Ministerstva pro místní rozvoj ČR č. 398/2009 [11] o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb a normou ČSN EN 81-70 [4], která pojednává o zvláštních úpravách výtahů, o přípustnosti výtahů osob s omezenou schopností pohybu a orientace.

Dle normy ČSN EN 81-70 [4] je výtah typu 1 o nosnosti 450kg. Minimální rozměry klece jsou na šířku 1000mm a do hloubky 1250mm. Světla šířka vstupu musí být nejméně 800mm. Klecové a šachetní dveře musí být samočinné vodorovně posuvné dveře. Tyto parametry zajišťují přístup do výtahu a jeho ovládání osobám používající ruční vozík pro invalidy podle EN 12183 nebo elektrický vozík pro invalidy třídy A podle EN 12184.

Norma ČSN EN 81-70 [4] také popisuje další požadavky pro přepravu těchto osob, jako jsou požadavky zařízení v kleci a ovladačové kombinace a signalizace. Tyto informace jsou pro tuto diplomovou práci nepodstatné.

### 5.1 Volba komponent

V této kapitole je přehled volených komponent, které se nacházejí konstrukci rámu nebo s rámem souvisí.

#### 5.1.1 Vedení

Výpočet vodítek byl proveden v kapitole 4.1. Byly voleny strojově broušená vodítka od firmy Monteferro, typ T 75-3/B [12]. Podle typu vodítka byly voleny přímé a úhlové vodící čelisti ETN HSM140, které jsou přišroubovány k rámu. Přímé vodící čelisti se nacházejí po obou stranách dolní části rámu. Úhlové čelisti jsou uchyceny na vrchní části po obou stranách rámu. V každé čelisti se nachází vložka ETN PEC 1410, kde dochází ke styku s vodítkem. Mezi vodítkem a vložkou je tlumicí vložka Cell-VU 24-40, která dokáže tlumit vibrace.

Celý systém vedení je mazán. Nízký koeficient tření při jízdě výtahu zajišťují dva mazací aparáty ETN 3005, které jsou nad úhlovými vodícími čelistmi v horní části rámu. K čelistím jsou spojeny pomocí dvou šroubů.





Obr. 5.1 Mazací aparát ETN 3005 [30]

### 5.1.2 Zachycovače

Typ zachycovače byl volen klouzavý obousměrný s plovoucím uložením. Vyrábí ho firma Dynatech pod označením ASG-120UD. Zachycovač splňuje normu ČSN EN 81-1+A3. Je určen pro mazaná, strojově broušená vodítka.



Obr. 5.2 Zachycovač ASG-120UD a ovládací mechanismus 25UD [31]

Spolu se zachycovačem se v celku dodává ovládací mechanismus Dynatech 25UD. Ovládací mechanismus propojuje oba zachycovače v konstrukci rámu. Tvoří jeden celek. Na jedné straně je k mechanismu připevněno lanko omezovače rychlosti. Poslední komponenta patřící do sestavy s ovládacím mechanismem je bezpečnostní spínač

OMRON D4N-4132, který má za úkol kontrolovat polohu spřáhla mechanismu a tím v případě vybavení zachycovačů vypnout pohon výtahu.

### 5.1.3 Zavěšení nosných lan

Systém zavěšení lan tvoří sedm závěsů ZLC 8 od firmy Montanari. Zavěšení je centrální. Závěs je kompletní s celistvou stranovou objímkou pro průměr lana 6-8 mm. Otvory pro uchycení závěsu se nacházejí uprostřed horní část konstrukce rámu. Tento závěs byl volen kvůli menším rozměrům z důvodu omezené výšce hlavy výtahové šachty. Lano je provlečeno závěsem a uchyceno svěrkami.



*Obr. 5.3 Závěs Montanari ZLC 8 [32]*

### 5.1.4 Vážení kabiny

Snímače vážení se můžou instalovat na různých místech v systému výtahu. Přímo na konstrukci se můžou nainstalovat dvě varianty. Mezi rámem a kabinou nebo v oblasti zavěšení lan konstrukce rámu. V této konstrukci se uvažuje vyzkoušet obě varianty. V obou jsou vždy nainstalovány čtyři kusy snímačů, které se prodávají v sadě. Jsou od firmy Dinacell, typ TCA-800.

V první variantě jsou snímače vážení nainstalovány mezi kabinu výtahu a konstrukce rámu klece v dolní části. Nachází se na obou koncích profilu omega v dolní části rámu, kde jsou přišroubovány.



Obr. 5.4 Snímač vážení Dinacell TCA-800 [33]

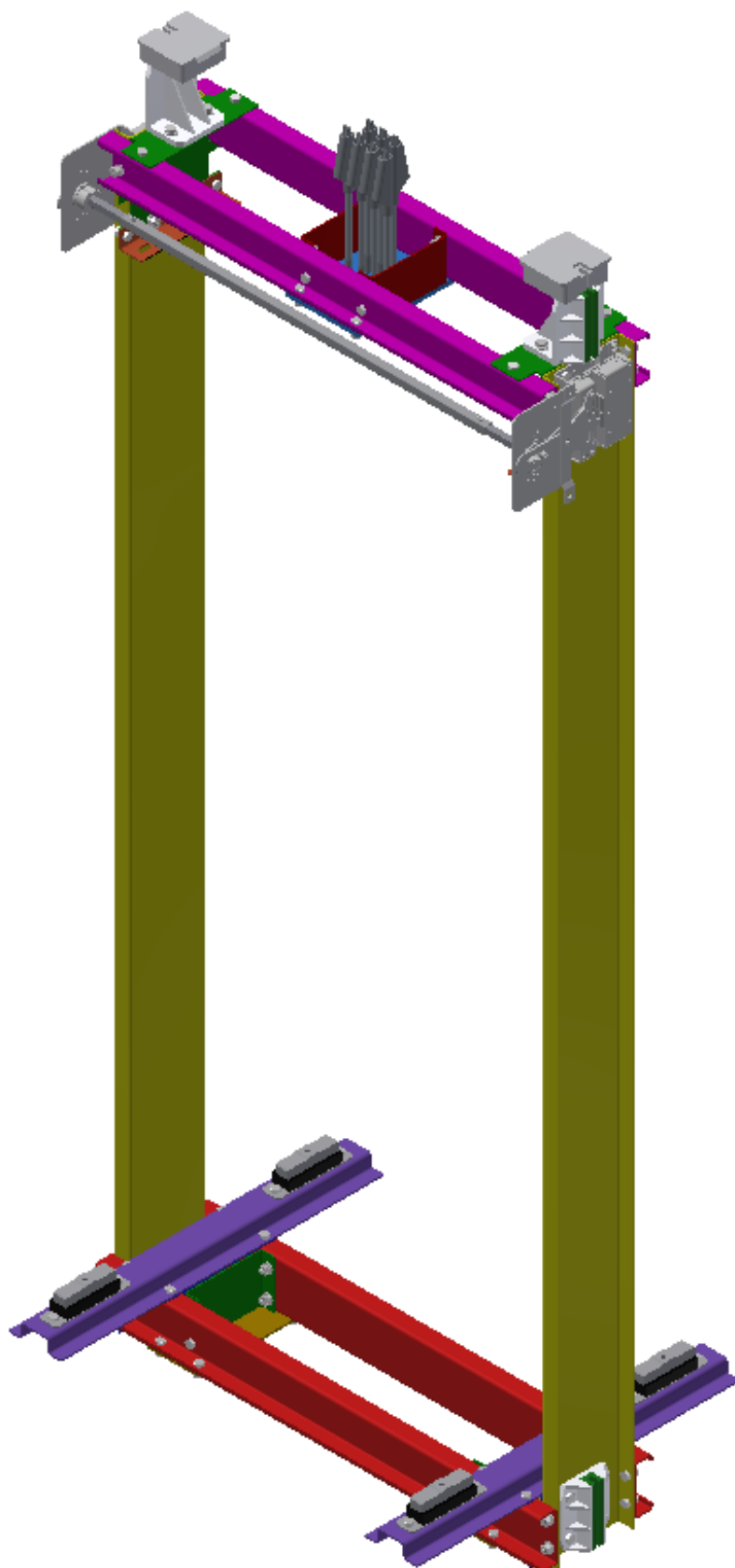
V druhé variantě se uvažuje instalace sady snímačů v oblasti zavěšení nosných lan. Snímače se nachází mezi upínací deskou a dvěma nosníky C, které jsou hlavními nosnými prvky horní části konstrukce rámu.

Nakonec byla volena první verze. Instalace mezi rámem a klecí pomocí šroubového spojení. Druhá verze byla zamítnuta z důvodu složitější dispozice uchycení kabiny v horní části konstrukce a možnosti kolize s kabinou. Řešení konstrukce by tak bylo složitější.

## 5.2 Popis konstrukce rámu

Konstrukce rámu klece výtahu je převážně tvořena profily z ohýbaných plechů různých tloušťek. Všechny tyto plechy jsou z oceli S235JRG1 (11 373). Mezi profily a zvolenými komponenty jsou použita šroubová spojení. Tvoří ho šroub M12, podložka 12, pružná podložka 12 a matice M12. Na konstrukci se nachází 88 kusů těchto spojení. Hlavními nosnými elementy rámu jsou dvě svislé bočnice.

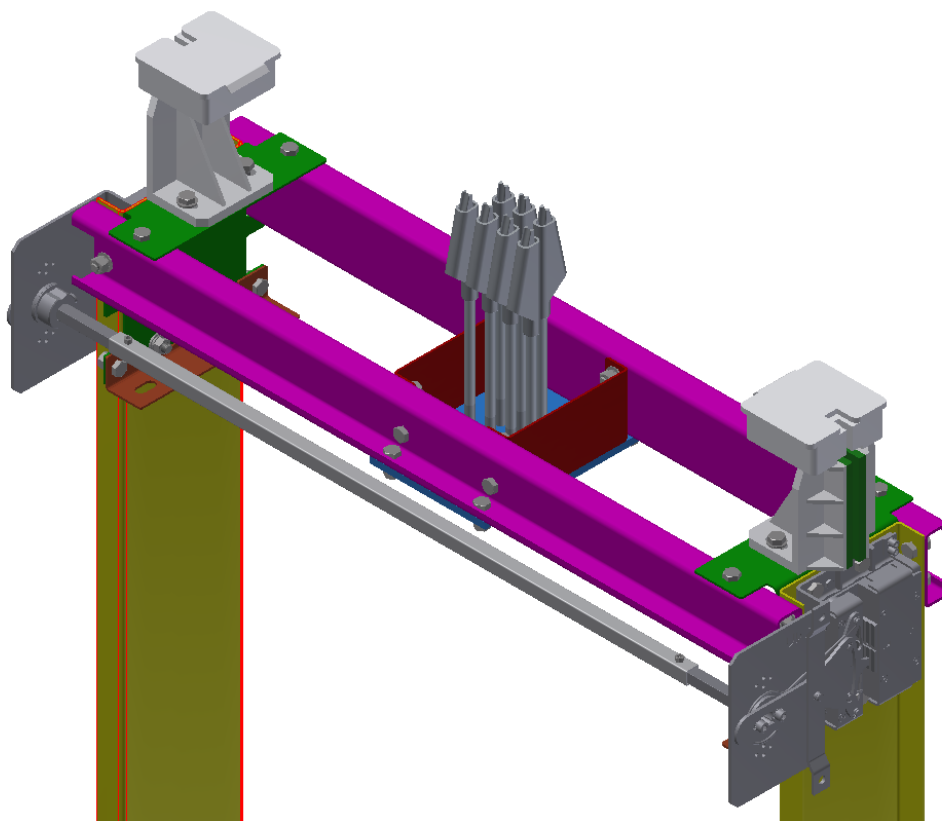
Konstrukce rámu se dá rozdělit na horní a dolní část, které jsou popsány v následujících kapitolách. Tyto části spojují bočnice ve tvaru U o rozměrech 190x40 mm o tloušťce 3 mm. Jejich délka je 2550mm. Konstrukci rámu lze rozdělit na horní a dolní část. Tyto části jsou popsány v následujících kapitolách.



*Obr. 5.4 Konstrukce rámu [15]*

### 5.2.1 Horní část

Hlavními elementy horní části rámu tvoří dva nosníky profilu C 100x40x15 mm. Jejich délka je 1100 mm a tloušťka 4 mm. Mezi nimi je přišroubován plát o tloušťce 10 mm s otvory pro zavěšení rámu společně s výztužemi. V této části se nachází vedení s mazacím aparátem a zachycovač s ovládacím mechanismem, které jsou spojeny s rámem šroubovým spojením.



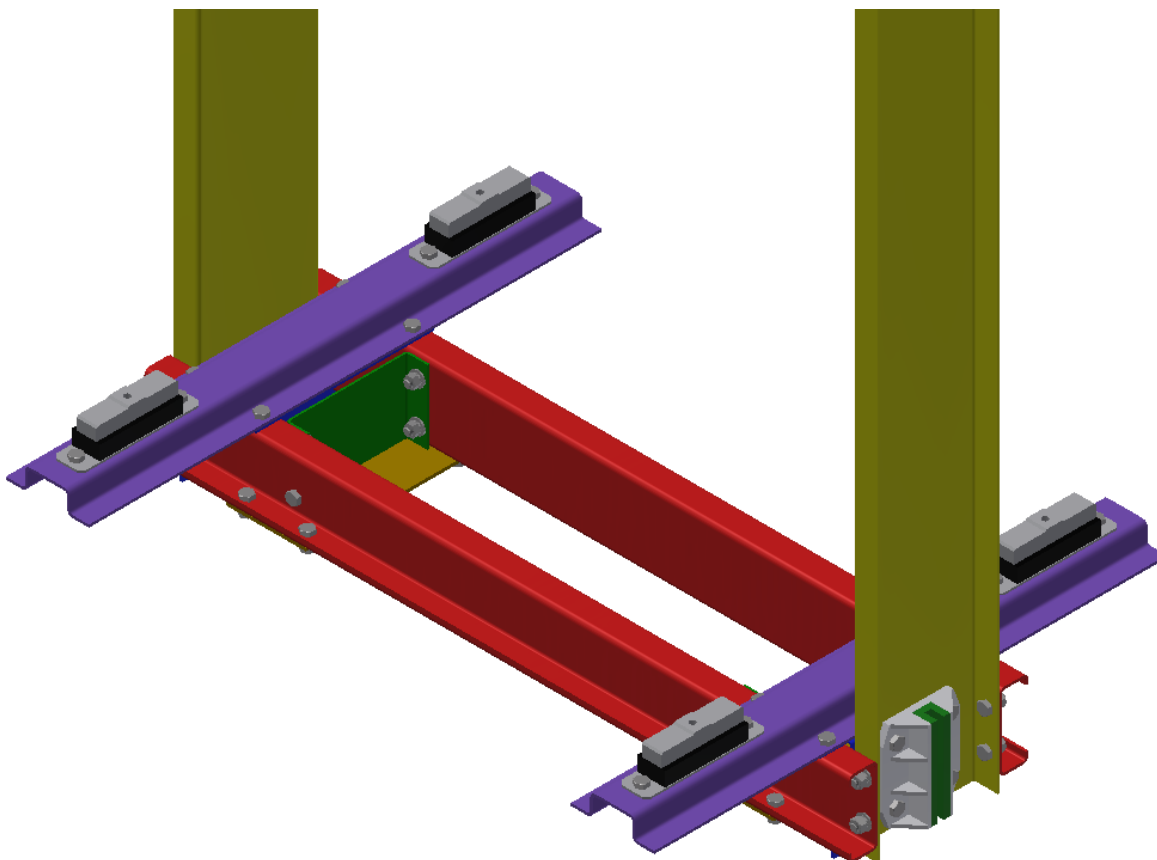
Obr. 5.5 Horní část konstrukce rámu [15]

Konce C nosníku jsou spojeny s mechanickými zámky a bočnicí. Zámek je z ohýbaného plechu o tloušťce 3 mm. Slouží jako mechanické pojištění a vyztužení celého spojení. Dále slouží jako vyztužení bočnice pro šroubové spojení mezi zachycovačem a rámem, aby nedošlo k deformaci kolem otvorů pro šrouby na bočnici při vybavení zachycovačů. Na zámku nachází otvory pro profil L, který spojuje konstrukci rámu a kabiny výtahu.

### 5.2.2 Dolní část

Stejně jako u horní části jsou hlavními nosnými elementy nosníky profilu C 120x45x15 mm a tloušťky 4 mm. Délka je 1100 mm. Na C profilech leží omega profily 70x35x30 mm, tloušťky 4 mm. Délka je 800 mm. Na každém konci profilu je přišroubováno

vážení. Mechanický zámek spojuje C profil, omega profil a bočnici. Plní stejnou funkci jako zámek v horní části konstrukce a je mu tvarově podobný.



*Obr. 5.6 Dolní část konstrukce rámu [15]*

Mezi C profily jsou přišroubovány dorazy na nárazníky. Doraz je deska 270x125 mm, tloušťky 5mm. Nad ním je profil U 190x35 mm, tloušťky 3 mm. Slouží jako vyztužení dorazu, pokud by došlo k nárazu rámu o nárazníky. Ve spodní části bočnic je přišroubováno vedení.

### **5.3 Nízká prohlubeň a nízká hlava šachty**

Při návrhu konstrukce rámu byl kladen důraz na minimalizaci rozměrů a na volbu vhodných komponent a jejich umístění na rám pro tato omezení. Nízká prohlubeň a nízká hlava šachty se vyskytují zejména u starých staveb. V letech výstavby budov byly normy pro navrhování výtahů jiné. Dnešní normy dbají na větší bezpečnost, proto nároky na rozměry prohlubní a hlav šachet jsou větší. Pokud se provádí rekonstrukce výtahu a nelze zvětšit tyto rozměry, musí se vypracovat analýza rizik. Ta zahrnuje seznam bezpečnostních rizik a jejich opatření, jako jsou například mechanické vzpěry nebo sklopné nárazníky.

## 6 Pevnostní výpočty konstrukce rámu

Konstrukce rámu je kontrolována pevnostní analýzou MKP pomocí softwaru Ansys Workbench 15. Rám je kontrolován pro běžný provoz a pro nouzové zastavení pomocí zachycovačů.

### 6.1 Příprava

Před pevnostní analýzou se celý model zjednoduší. Dále se musí vhodně určitě dovolené hodnoty.

#### 6.1.1 Model

3D model konstrukce rámu byl upraven a převeden do programu Ansys. Z modelu byly odstraněny mazací aparáty, horní uchycení kabiny, vážící senzory a zachycovače. Poslední dvě zmiňované komponenty byly nahrazené plochami, s kterými se bude při analýze počítat. V modelu se nenachází otvory pro šroubové spoje. Je uvažováno, že spojení mezi součástmi je dokonale tuhé a nedeformuje se.

Ve všech výsledcích pevnostní analýzy je měřítko 20:1, aby bylo grafický zřejmé, jak se namáhané komponenty deformují.

#### 6.1.2 Mez pevnosti a dovolený průhyb

Materiál všech ohýbaných profilů je ocel S235JRG1 (11 373). Hodnota meze kluzu pro tuto ocel je  $R_e=235$  MPa. Dle normy ČSN EN 1993-1-3 se ještě mez kluzu zmenší dílčím součinitelem spolehlivosti materiálu. Pro případ materiálu pro průřezy oslabené dírami pro spojovací prostředky je tato hodnoty  $\gamma_{m2}=1,25$ .

$$f_y = \frac{R_e}{\gamma_{m2}} \quad (6.1)$$

$$f_y = \frac{235}{1,25}$$

$$f_y = 188 [MPa]$$

$$\text{Kde } f_y \quad \text{Hodnota meze pevnosti pro MKP analýzu} \quad [MPa]$$

Tato hodnota slouží k porovnání napětí všech výsledků v MKP analýze. Další hodnota důležitá k porovnání s výsledky je průhyb. Maximální průhyb byl volen po konzultaci 2 mm.

#### 6.1.3 Rozložení zatížení

Při obou případech je zatížení kabiny rozloženo do čtyř ploch, které nahrazují vážící senzory. Rozložení zatížení je stejné jako u výpočtu vodítek. Celkové těžiště kabiny není ve

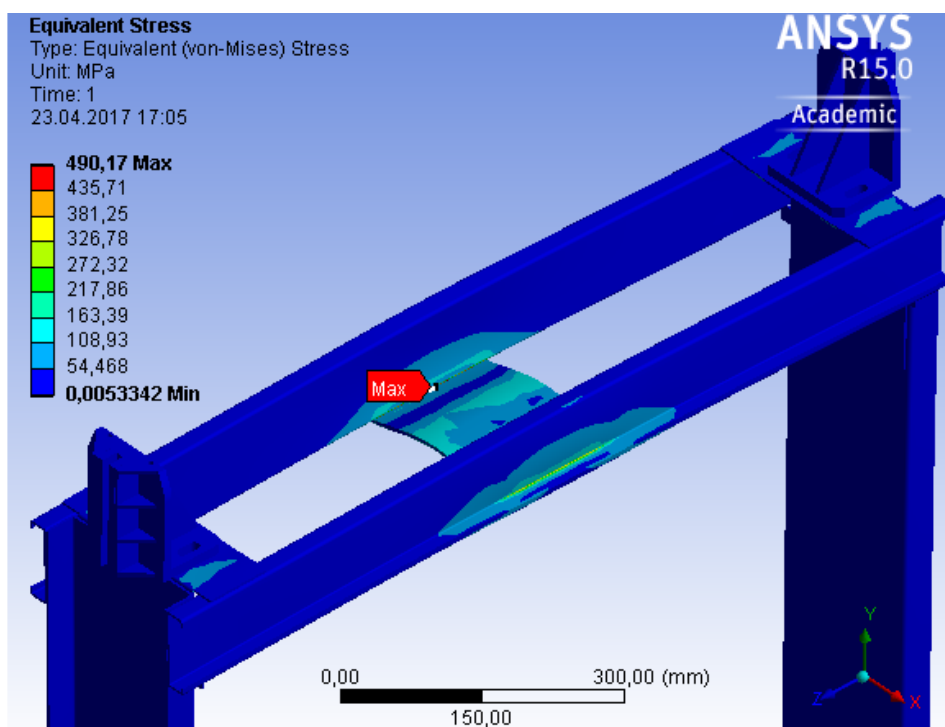
středu se zavěšením lan, a ani v ose vodiček. Takže tlak na plochách není rovnoměrný. Na jedné ze čtyř ploch bude tlak největší a to na straně těžiště Q a P. Tam se předpokládá největší zatížení. Nosnost Q byla o 25% zvětšena z důvodu možného přetížení.

## 6.2 Běžný provoz - jízda

Při tomto zatěžovací stavu může nastat několik situací. Kabina může stát, jet stálou rychlostí nebo může zrychlovat (zpomalovat) ve směru nahoru nebo dolů. Při MKP analýze byl použit nejnepříznivější stav, když kabina se rozjíždí směrem nahoru. Gravitační zrychlení působí společně se zrychlením výtahu na sestavu. Proto tíha všech komponent a zatížení bude větší než při konstantní rychlosti nebo když kabina bude v klidu.

Náhradou za zavěšení nosných lan byla přiřazena funkce Fixed Support v oblasti zavěšení. Na všechny tři plochy každé vodící čelisti, se kterým se může dotýkat vodičko, byla přiřazena funkce Frictionless Support. Ta zamezuje posuvu ve směru kolmém na danou plochu, nahrazuje vodička. Dále bylo sestavě zadáno gravitační zrychlení a zrychlení výtahu. Nakonec byly přiřazeny funkce Pressure (tlak) na místa, kde se vyskytují snímače vážení. Tlaky nahrazují tíhu nerovnoměrně zatížené kabiny na sestavu.

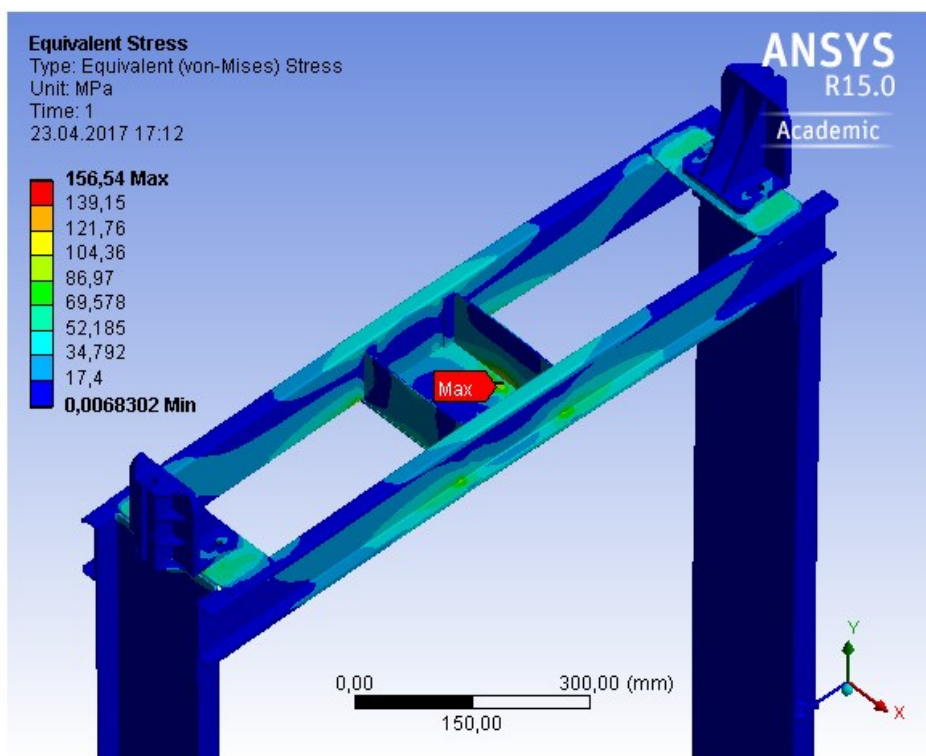
Největší napětí bylo v oblasti horní části konstrukce, mezi hlavním horním nosníkem a deskou pro zavěšení. Skoro třikrát přesahuje maximální dovolené napětí. V polovině zavěšovací desky bylo napětí přibližně 200 MPa, které také nevyhovuje dovolenému napětí.



Obr. 6.1 MKP analýza horní části prvního návrhu[36]



Proto bylo nutné navrhnout opatření. Mezi dvěma hlavními nosníky horní části byly přidány dvě výztuže o tloušťce 3 mm, které jsou přišroubovány k nosníkům a dosedají na závěsnou desku. Výsledek pevnostní analýzy ukázal, že maximální napětí 156,54 MPa v oblasti středu závěšovací desky. Maximální napětí nepřesáhlo napětí dovolené. Dovolенý průhyb je při tomto případě malý a nehodnotil se. Bude důležitý při situaci vybavení zachycovači.



Obr. 6.2 MKP analýza horní části druhého návrhu[36]

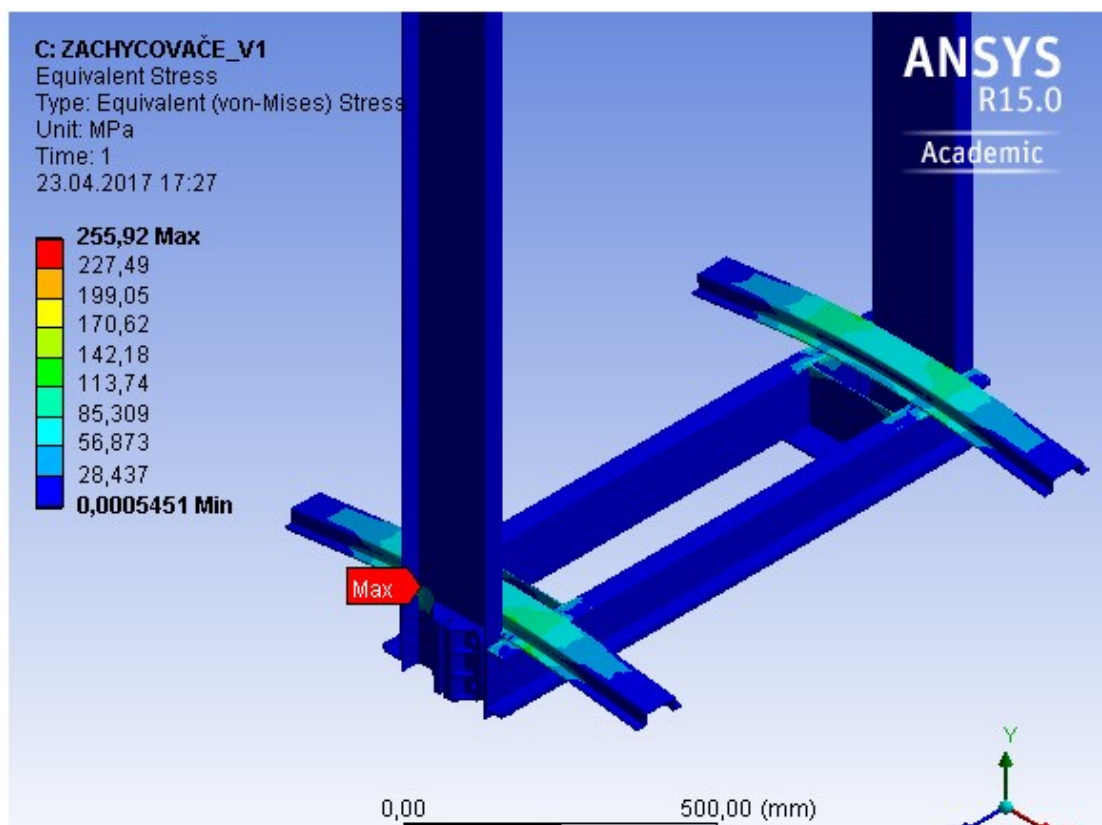
### 6.3 Zastavení zachycovači

Tento stav nastává v okamžiku, kdy výťah překročí mez rychlosti omezovače rychlosti a vybaví se zachycovače. Ty začnou brzdit kabinu. V normě ČSN EN 81-1+A3 je napsáno, že střední zpomalení plně zatížené klece pomocí kluzných zachycovačů musí být mezi  $0,2g_n$  a  $1g_n$ . Pro pevnostní analýzu byl vybrán nejnepríznivější stav. Kabina jede směrem dolů a vybaví se zachycovače. Zpomalení zachycovačů bylo zvoleno největší možné a to  $1g_n$ .

V modelu nejsou zachycovače vyobrazeny. Jejich náhradu plnila Funkce Fixed Support, kde byly vybrány všechny plochy v oblastech přípojných otvorů pro šrouby v horní části táhel konstrukce rámu. Na všechny tři plochy každé vodící čelisti, se kterým se může dotýkat vodičko, byla přiřazena funkce Frictionless Support. Sestavě bylo přiřazeno gravitační zrychlení a zrychlení (zpomalení) zachycovačů. Jako v předešlé situaci byly přiřazeny funkce

Pressure (tlak) na místa, kde se vyskytují snímače vážení. Rozdíl najdeme v tíze, která je přibližně dvakrát větší z důvodu velkého zrychlení (zpomalení) kabiny.

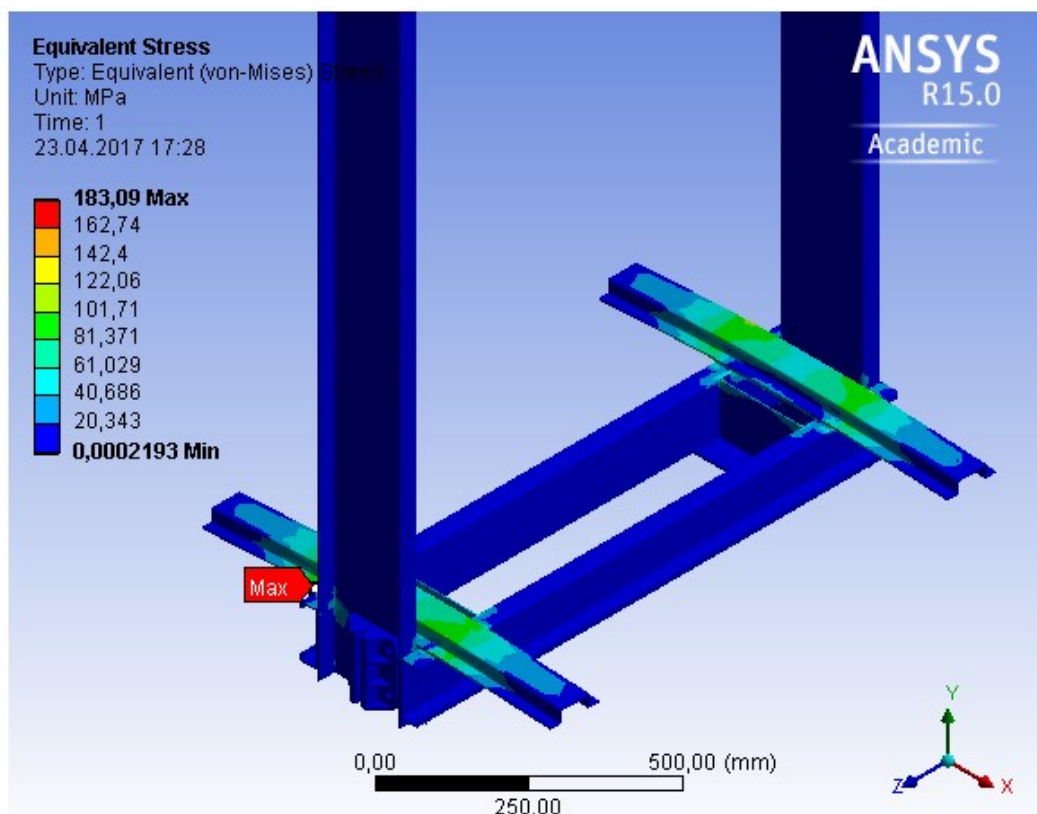
V tomto stavu docházelo k maximálním napětím v dolní části konstrukce rámu. V oblasti spojení spodního nosníku a nosného nosníku omega. Napětí příliš přesahovalo dovolenou mez (obr. 6.2).



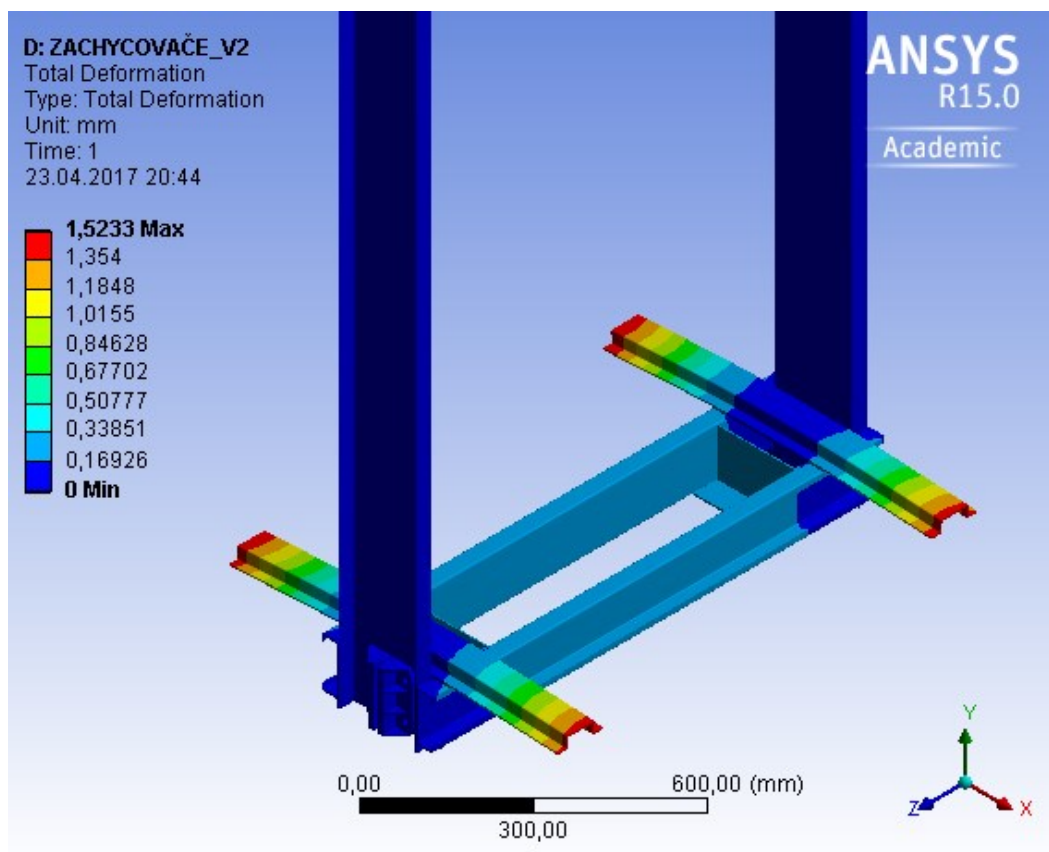
Obr. 6.2 MKP analýza dolní části prvního návrhu [36]

Bylo nutno dolní část konstrukce vhodně upravit, aby splňovaly pevnostní podmínku. U hlavní spodních nosníků byla zvětšena šířka nosné plochy o 5 mm a změněna tloušťka z 3 mm na 4 mm. U nosníků omega byly rozšířeny jak horní nosná plocha, tak i plocha spodní, která je spojována s dolními C nosníky. Nakonec byla změněna tloušťka z 3 mm na 4 mm.

Po pevnostní analýze druhého návrhu dolní část konstrukce bylo zjištěno, že sestava splňuje pevnostní podmínku (obr. 6.3). Při analýze průhybu konstrukce (obr. 6.4) byl zjištěn průhyb 1,52 mm. Splňuje podmínku ohybu.



Obr. 6.3 MKP analýza dolní části druhého návrhu[36]



Obr. 6.4 MKP analýza dolní části druhého návrhu - průhyb[36]

### 6.3.1 Vyhodnocení

V pevnostních výpočtech byly vyhodnoceny stavy pro běžný provoz a pro nouzové vybavení zachycovačů. Po prvních analýzách byly návrhy konstrukce rámu nevyhovující a přesahovaly dovolené napětí. Po vhodných konstrukčních úpravách analýza ukázala, že maximální napětí v konstrukci rámu nepřesahovalo dovolené napětí. Podmínka pro maximální průhyb rovněž nepřesahovala dovolenou mez.

## 7 Závěr

Výsledkem diplomové práce je návrh konstrukce rámu klece pro trakční výtah s nosností 450kg, s lanováním 1:1 a rychlostí 1 m/s. Dle zadání byla navrhována konstrukce, které splňuje pevnostní podmínky a příslušné normy. Pevnostní výpočty byly počítány pomocí pevnostní analýzy MKP. Na začátku práce byla vypracována řešerše výtahů zaměřena na princip lanových výtahů, jejich bezpečnosti a certifikované prvky. Dále byly popsány rámy klece s lanováním 1:1 a 2:1 s kladkami pod klecí a nad klecí.

Ve výpočtové části byla zvolena a zkontrolována vodítka. Byl navržen systém lanování a pohon výťahu. Dle normy ČSN EN 81-1+A3 byla zkontrolována podmínka trakce a bezpečnost nosných lan. MKP pevnostní analýza byla provedena v programu Ansys Workbench R15. Podle výsledků pevnostní analýzy byly provedeny úpravy v návrhu konstrukce rámu klece, aby následně splňovaly podmínku meze pevnosti a podmínku maximálního průhybu.

Při návrhu konstrukce rámu byl kladen důraz na minimalizaci rozměrů rámu a volbu vhodných komponent pro nízkou prohlubeň a nízkou hlavu šachty. Konstrukce rámu je tvořena ocelovými profily z ohýbaných plechů různých tloušťek. Mezi profily a zvolenými komponenty byla použita šroubová spojení. Hlavními nosnými elementy rámu jsou dvě svislé bočnice. Konstrukce se dá rozdělit na horní a dolní část. V obou jsou mechanické zámky. Slouží jako mechanické pojištění a vyztužení celého spojení. Dále slouží jako vyztužení bočnice pro šroubové spojení mezi zachycovačem a rámem, aby nedošlo k deformaci kolem otvorů pro šrouby na bočnici při vybavení zachycovačů. V horní části rámu se nachází zavěšení nosných lan a vedení s mazacími aparáty. V dolní části je vážení kabiny, dorazy pro nárazníky a vedení.

### **Poděkování**

Na závěr bych chtěl poděkovat panu Ing. Zdeňku Klusovi za poskytnutí odborných rad a připomínek, které mi pomohly při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Robertu Brázdovi, Ph.D. za vedení diplomové práce a poskytnutí připomínek ohledně ní. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině, která mi poskytla podporu a zázemí při vypracování diplomové práce.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] POLÁK, Jaromír a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení III*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 802480963x.
- [2] ČSN EN 81-1+A3 *Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů - Část 1: Elektrické výtahy*. 2010, 176 s.
- [3] ČSN EN 12385-5 *Ocelová drátěná lana - Bezpečnost - Část 5: Pramenná lana pro výtahy*. 2004, 20 s.
- [4] ČSN EN 81-70 *Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů - Část 70: Zvláštní úprava výtahů určených pro dopravu osob a osob a nákladů - Přístupnost výtahů včetně osob s omezenou schopností pohybu a orientace*. 2003. 28 s.
- [5] *D K 2 - MONTÉR VÝTAHŮ SPECIALISTA* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://uvp-cr.cz/images1/PK%20-%202.pdf>
- [6] *Porovnání výtahu bez strojovny s klasickým trakčním výtahem* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://vytahy.tzb-info.cz/provoz-a-servis/5570-porovnani-vytahu-bez-strojovny-s-klasickym-trakcnim-vytahem>
- [7] *Lanové výtahy* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://msv-lbc.cz/vyrobnidivize/vytahy/osobni-vytahy/lanove-vytahy/>
- [8] *ZÁKLADNÍ INFORMACE* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: [http://www.hlc-gmv.cz/informace/zakladni\\_informace.html](http://www.hlc-gmv.cz/informace/zakladni_informace.html)
- [9] *122/2016 Sb. Nařízení vlády o posuzování shody výtahů a jejich bezpečnostních komponent* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=19020>
- [10] *398/2009 Sb. o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: [https://www.mmr.cz/getmedia/f015224c-ff91-4cad-a37b-dc0dc1072946/Vyhlaska-MMR-398\\_2009](https://www.mmr.cz/getmedia/f015224c-ff91-4cad-a37b-dc0dc1072946/Vyhlaska-MMR-398_2009)
- [11] *MONTEFERRO Standard Machined Guide Rails* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: [http://www.monteferro.it/wp-content/uploads/2015/08/Monteferro\\_Standard\\_Machined\\_Guidrails.pdf](http://www.monteferro.it/wp-content/uploads/2015/08/Monteferro_Standard_Machined_Guidrails.pdf)
- [12] *ZEIHL-ABEGG Drive technology for elevators 2016 edition* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.ziehl-abegg.com/cz/cs/ke-stazeni/file/get/10955/>
- [13] *GUSTAV WOLF Ropes for small traction sheaves* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.gustav-wolf.de/en/wp-content/uploads/sites/3/2017/02/D%C3%BCnne-Tragseile-eng.1.pdf>
- [14] Obrázek byl vytvořen pomocí softwaru Autodesk Autocad 2015
- [15] Obrázek byl vytvořen pomocí softwaru Autodesk Inventor 2015
- [16] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [http://www.otis.com/site/cz/OT\\_DL\\_CommonImages/De1\\_Elisha%20cutting%20rope.jpg](http://www.otis.com/site/cz/OT_DL_CommonImages/De1_Elisha%20cutting%20rope.jpg)
- [17] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://msv-lbc.cz/wp-content/uploads/2015/01/rez.jpg>
- [18] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [http://www.liftservis.eu/images\\_zbozi\\_sortiment/24\\_1.jpg](http://www.liftservis.eu/images_zbozi_sortiment/24_1.jpg)

- [19] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z:  
<http://www.vytahovedily.com/fotocache/bigorig/VD/PR%202000UD.jpg>
- [20] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z:  
<http://www.vytahovedily.com/fotocache/bigorig/VD/LBD%20300%20A3%2024V.jpg>
- [21] <http://www.bsbasansor.com.tr/upload/images/urunler/poliuretan-tampon-ikili-bsb-asansor-41606-4480395718.jpg>
- [22] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z:  
<http://www.bsbasansor.com.tr/upload/images/urunler/hidrolik-tampon-ce-16-bsb-asansor-41606-4843315046-s.jpg>
- [23] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z:  
[http://www.comming.cz/public/var/images/original/image\\_13133.jpg](http://www.comming.cz/public/var/images/original/image_13133.jpg)
- [24] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z:  
<http://www.vytahovedily.com/fotocache/bigorig/VD/GG1%20-%20300%20050.jpg>
- [25] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <https://www.rem-technik.cz/foto/1000-700/1091-1663-jednocestna-zavora-els-263.png>
- [26] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z:  
[http://www.liftservis.eu/soubory\\_zbozi/22\\_1.pdf](http://www.liftservis.eu/soubory_zbozi/22_1.pdf)
- [27] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z:  
[http://www.liftservis.eu/soubory\\_zbozi/25\\_1.pdf](http://www.liftservis.eu/soubory_zbozi/25_1.pdf)
- [28] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.liftecgroup.com/images/bph1.jpg>
- [29] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z:  
[http://www.otis.com/site/cz/OT\\_DL\\_CommonImages/p%C3%A1sy.png](http://www.otis.com/site/cz/OT_DL_CommonImages/p%C3%A1sy.png)
- [30] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z:  
<http://www.vytahovedily.com/fotocache/bigorig/VD/3005%20Mazac%20ad%20apar%20c3%a1t.jpg>
- [31] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z:  
<http://www.vytahovedily.com/fotocache/bigorig/VD/T25UD%200900-1300.jpg>
- [32] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z:  
<http://www.vytahovedily.com/fotocache/bigorig/VD/ZLC%208.jpg>
- [33] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.liftecgroup.com/tca800.pdf>
- [34] [online]. In: . [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [http://www.ziehl-abegg.com/fileadmin/\\_processed\\_/csm\\_aufzugsmotor-zetatop-sm200\\_87d4a1a9e3.jpg](http://www.ziehl-abegg.com/fileadmin/_processed_/csm_aufzugsmotor-zetatop-sm200_87d4a1a9e3.jpg)
- [35] *ČSN EN 1993-1-3: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-3: Obecná pravidla - Doplnující pravidla pro za studena tvarované prvky a plošné profily*. 2008.
- [36] Obrázek vytvořen pomocí softwaru Ansys Workbench 15
- [37] [online]. In: . [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: [http://moderni-vytahy.cz/images/phocagallery/pohony/ZETATOP\\_SM250\\_render.jpg](http://moderni-vytahy.cz/images/phocagallery/pohony/ZETATOP_SM250_render.jpg)
- [38] [online]. In: . [cit. 2017-05-02]. Dostupné z:  
<http://www.lana.cz/image.php?nid=5963&oid=1907271&width=250&height=235>



## Seznam výkresové dokumentace

|                    |       |
|--------------------|-------|
| Rám 450            | DP.00 |
| Výztuž zavěšení    | DP.01 |
| Horní zámek        | DP.02 |
| Deska pro zavěšení | DP.03 |
| Horní nosník       | DP.04 |
| Kotvení kabiny     | DP.05 |
| Táhlo              | DP.06 |